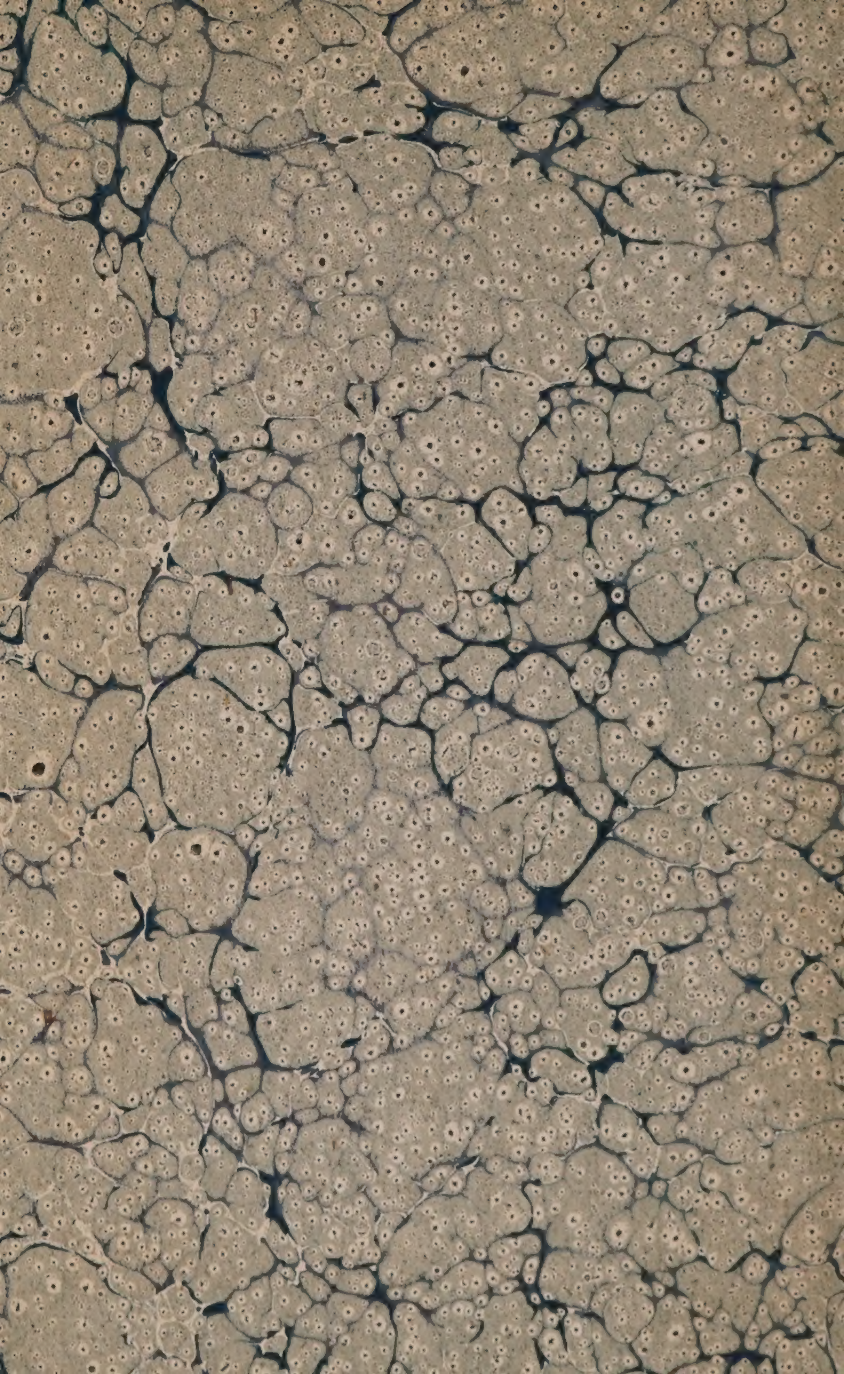




BIBLIOTHÈQUE

DES

CONNAISSANCES UTILES

LE SECRET DES INVENTIONS

LE SECRET

DES

INVENTIONS

OU PRINCIPES GÉNÉRAUX

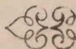
DE L'ART D'OBSERVER

ET

DE FAIRE DES DÉCOUVERTES UTILES

PAR

HENRI LAFONTAINE



PARIS

PASSARD, LIBRAIRE-ÉDITEUR

7, RUE DES GRANDS-AUGUSTINS

LE SECRET
DE
L'INVENTION,
OU
PRINCIPES GÉNÉRAUX
DE
L'ART D'OBSERVER.

ARTICLE PREMIER.

DE L'OBSERVATION EN GÉNÉRAL ET AVANT QU'ELLE SOIT RÉDUITE EN ART, ET DE SON IMPORTANCE.

§ Ier.

Qu'est-ce qu'observer ?

Voir, toucher, flairer, goûter, entendre, sont des actes journaliers auxquels se livre l'homme, comme les animaux. En exerçant ainsi les cinq sens dont le dota la nature, tantôt il acquiert la notion ou quelque notion des objets, tantôt il marche vers un but ou d'utilité pratique ou de plaisir. A présent, mettons à part les cas nombreux où nous nous proposons, en exerçant les sens, ce but ou de plaisir ou d'utilité; ne songeons qu'à ceux où, par nos opérations, nous acquérons la notion des objets. Alors, de deux choses l'une: ou ces opérations seront éparses et sans liaison, ou bien nous les ferons, nous voudrons les faire, du

moins, avec suite; en d'autres termes, nous tâcherons de connaître par ces opérations des sens soit plusieurs objets liés entre eux (ne fût-ce que fortuitement et artificiellement), soit plusieurs détails d'un même objet. Un homme passe, et, au lieu de lui jeter un indifférent et rapide coup-d'œil, nous examinons sa figure et sa taille d'abord, son costume ensuite, en troisième lieu ce qu'il porte à sa main : les notions acquises ainsi sont celles d'objets naturellement étrangers les uns aux autres et appartenant à des catégories toutes différentes, mais rassemblés pour le moment, et proviennent le plus souvent d'opérations successives; il y a donc eu de la suite dans nos opérations. De même, un fruit est sur notre assiette; nous apercevons sa forme extérieure, ses dimensions, son enveloppe; nous en sentons l'arome; bientôt nous en voyons le péricarpe, les cloisons, les pépins, etc.; enfin, nous en percevons la saveur : cette fois nous ne prenons connaissance que d'un seul objet, mais nous arrivons à connaître diverses qualités, divers détails de cet objet unique, et dès-lors il y a encore eu suite dans nos opérations, quelque rapidement qu'elles se soient succédé. Il est clair que cette *suite* dans les opérations des sens, à l'aide desquelles nous nous procurons des notions des objets, donne aux opérations un caractère tout spécial et qui mérite une dénomination à part. Mettre ainsi de la suite dans les opérations qui font connaître,

c'est *observer*. — Mais n'observe-t-on qu'à cette condition et de cette façon? En y réfléchissant bien, on sentira vite qu'il est encore deux circonstances analogues : l'une, c'est qu'au lieu d'user par hasard, pour ainsi dire, des sens, comme de moyens de s'instruire, on ait l'intention préalable d'obtenir l'instruction par cet intermédiaire; l'autre, c'est en quelque sorte qu'on prenne note, qu'on tienne registre des notions auxquelles on a été conduit. Ces trois circonstances ont ceci de commun, qu'elles semblent *augmenter l'intensité de la notion*. Elles diffèrent et en elles-mêmes et par le moment où elles ont lieu (car l'*intention* précède, la *suite* est comme contemporaine des opérations mêmes, la *notation* ne vient qu'après). La réunion des trois n'est pas indispensable pour qu'il y ait observation, bien que l'on devine que cette réunion rend le caractère de l'observation plus net et plus marqué. Ceci posé, nous dirons qu'

Observer, c'est, étant donné un objet ou un groupe d'objets, en prendre connaissance à l'aide des sens (soit de tous, soit de quelques-uns, soit d'un seul), et avec une de ces trois circonstances qui ajoutent à l'intensité de la notion. Et l'on vient de voir que ces trois circonstances sont : 1° (avant l'opération) la volonté d'apprendre; 2° (pendant l'opération) la suite des actes par lesquels on connaît; 3° (après l'opération) la notation des résultats auxquels on arrive.

§ II.

L'Enfance est observatrice.

La faculté d'observation existe chez tous les hommes et se développe dès que l'intelligence a pris quelque consistance, c'est-à-dire, au plus tard, vers la sixième année chez presque tous les sujets (c'est surtout pendant l'enfance et l'adolescence qu'elle tient une place immense dans l'existence intellectuelle). On observe encore et même on observe davantage (même quand on n'a pas pour tâche spéciale l'observation) durant les autres périodes de la vie; mais jamais les actes d'observation, jamais les notions qu'on acquiert en observant ne sont en aussi forte proportion, relativement aux autres notions, aux autres actes, que pendant la première. Et quoi de plus simple? L'enfant, l'adolescent, abstraction faite de la vie physiologique, ne doivent guère d'idées qu'aux sensations, à l'observation, à la mémoire; à mesure, au contraire, que le jeune homme se substitue à l'adolescent, l'adulte au jeune homme, l'homme mûr à l'adulte, une foule de facultés, ou endormies, ou peu solides, s'éveillent, s'accroissent, se consolident, s'entrelacent, et, tout en laissant aux autres leur rôle et leur jeu, envahissent d'ordinaire la plus grande partie des instants et de l'activité.

En reconnaissant ainsi qu'en tout pays la

faculté observatrice agit chez nous dès l'enfance, tandis que tant d'autres facultés de l'âme sommeillent encore; en reconnaissant qu'elle s'exerce non-seulement sur les êtres matériels et inanimés, mais encore sur les personnes et sur des nuances déjà vraiment délicates, et qu'un enfant, par exemple, essaie toujours de lire sur les traits ou dans les yeux de ceux qu'il voit pour la première fois ou qu'il redoute, que souvent il y lit bien, nous remarquerons que la précocité, que la facilité du développement ne sont pas partout les mêmes : il est des enfants chez qui cette faculté d'observation est engourdie, paresseuse ou timide; il faut la secouer, la stimuler, la porter en quelque sorte sur les faits, la tenir éveillée et en haleine; il en est d'autres, au contraire, qui ne peuvent ni s'empêcher ni se rassasier d'observer. Sans cesse courant et debout, il faut qu'ils voient, qu'ils palpent tout; ils retournent, ils regardent un objet par toutes ses faces; dès qu'ils le connaissent ou qu'ils en connaissent tout ce que, pour l'instant, ils conçoivent de connaissable, ils passent à d'autres, et là, nouvelles observations; puis, souvent, ils reviennent au premier. Mais cette fois l'extériorité ne leur suffit plus, ils veulent connaître l'intérieur et les détails; ils crèvent la peau du tambour; ils arrachent les ailes et les élytres, les pates et les antennes au hanneton : la malfaisance innée à l'homme y trouve bien son compte, mais l'observation

aussi. Ceux-là, d'ordinaire, sont les moins studieux, les moins sédentaires : les autres lisent dans les livres ; ils lisent, eux, dans le grand livre de la nature : les autres apprennent surtout par la mémoire, et fréquemment sans avoir touché ou vu ce qu'ils apprennent ; ils n'usent, eux, de la mémoire qu'après avoir connu par les sens, et, s'ils ont moins d'idées, elles sont plus positives et plus précises, ils ont plus de tendance à devenir des hommes pratiques.

Toutefois, il est bien entendu que nulle part on ne voit une des deux facultés se montrer et agir seule ; les proportions comme les quantités varient ; le plus casanier observe, le plus nomade peut apprendre par cœur : chez quelques-uns, un haut développement de la mémoire accompagne une riche faculté d'observation ; tel semble dénué de celle-ci comme de celle-là, et n'acquiert pas plus sur les bancs, les yeux collés sur les livres, que hors de l'école, le regard errant dans la campagne.

La priorité de l'observation sur la réflexion, sur la comparaison, et sur tant d'autres facultés dans le développement intellectuel de l'homme, doit naturellement nous amener à nous demander si ce n'est pas la faculté d'observation qu'on devrait s'attacher à cultiver par-dessus tout dans l'éducation première. A notre avis, l'affirmative n'est pas douteuse ; sans en donner toutes les raisons ici, car elles ressortiront, sous peu, bien mieux et d'elles-mêmes, de tout ce que nous avons à dire, en voici les

principales. 1° La mémoire et l'observation sont les facultés intellectuelles dominantes de l'enfance; mais recommander l'observation n'est point exclure la mémoire, tandis que recommander la mémoire, c'est presque immanquablement réduire trop l'observation. 2° La mémoire sans l'observation implique croyance sans preuve à ce qu'on lit ou à ce qu'on entend, l'observation ne suppose croyance qu'aux faits vérifiés par les sens; et, puisque les sens trompent quelquefois, puisqu'ils se corrigent les uns par les autres, elle dispose à la défiance, à l'examen critique. 3° La mémoire est disposée à donner égale valeur à tout ce qu'elle apprend, l'observation mesure et pèse; outre la vérité, elle veut savoir la quantité des faits; elle nous habitue à la précision.

§ III.

Importance de l'Observation, tant pour l'exploitation du sol que pour l'industrie.

Mais, quelque utile que soit à l'enfant la faculté d'observation, elle l'est bien autrement encore pour l'homme fait. Sitôt qu'on jette un coup d'œil sur l'immensité des occupations humaines auxquelles nous devons les produits matériels essentiels au soutien ou à l'embellissement de la vie, apparaissent en première ligne l'agriculture et l'exploitation des mines, avec les innombrables industries dont l'office consiste à transformer ce que nous fournit la

nature. Or, ces industries, comme l'industrie minière, comme l'industrie agricole, supposent une multitude d'observations telles, que nul homme à lui seul n'en saurait faire la cent millième partie. Il a fallu mettre bout à bout l'expérience de cent générations pour arriver où nous en sommes.

Que d'observations ne suppose point l'agriculture ! Sans observations multipliées, comment connaître les qualités éminemment nutritives des céréales, et se résoudre à les multiplier par la culture ? Sans observations, comment savoir quelles plantes sont nuisibles et doivent être étouffées ou arrachées impitoyablement ? Sans observations, comment deviner quels terrains conviennent à telle plante, à tel arbre, quelle légumineuse s'accommode d'un sol maigre, quelle graminée prospère dans une plaine marécageuse ou inondée ? Sans observations, d'où l'homme eût-il su quelles façons donner à la terre, quels engrais y distribuer, quel temps choisir pour les labours, pour les semailles, pour les moissons et les récoltes ? Sans observations, n'en serait-il pas toujours à la vieille routine qui condamnait les guérets à un an de repos sur deux, tandis qu'avec un système convenable de rotation et d'assolement le sol produit toujours, et, loin de s'épuiser, se régénère et s'améliore ? Sans observations, eût-il songé, eût-il réussi à naturaliser, à des milliers de lieues de leur patrie, tant de végétaux exotiques ? Sans

observations, eût-il forcé les arbres les plus utiles, les fleurs les plus belles, à lui fournir des variétés en quelque sorte à volonté?

Il en est de même pour tout ce qui s'appelle mine et carrière. Sans parler encore de tout ce que doit cette industrie à l'observation scientifique, n'est-il pas clair qu'originairement il a fallu au moins de fort bonnes et fort justes observations pour soupçonner en tel endroit l'existence d'un banc puissant, d'un riche filon, et la possibilité d'une exploitation lucrative? qu'il a fallu reconnaître l'argent ou le fer dans un minerai qui ne ressemble guère au métal pur, pour commencer les travaux dispendieux de l'ouverture d'une mine? qu'il a fallu distinguer dans l'eau du fleuve les parcelles d'or qu'elle charrie avec son sable, pour rechercher l'or dans le bassin qu'elle arrose? Quand on pousse le creusage du premier puits pour rencontrer le filon, n'interroge-t-on pas à toute minute l'observation? l'observation ne préside-t-elle pas à toutes les opérations subséquentes, à l'établissement des galeries et des gradins, au boisage, à l'épuisage des eaux, à l'aérage de la mine, et n'est-ce pas elle qui les a inspirées? Tous les artifices dont on use pour extraire le minerai et pour détacher des bancs les blocs, puis pour les transporter des entrailles de la terre à sa surface, toutes ces précautions prises pour éviter l'explosion du feu grisou, l'asphyxiement, et tant d'autres accidents,

n'ont-elles pas en grande partie été suggérées par l'observation? L'exploitation des salines, l'idée des marais salants, les modes divers de concentration et de graduation (voyez *Notions sur l'Industrie*), ne dérivent-ils pas de ce que des observateurs ont vu la chaleur solaire boire toute l'eau d'un lac salé et ne laisser au fond que les couches de sel? Et de là tous les procédés par lesquels on accélère ou facilite l'évaporation du liquide.

La mécanique et les arts mécaniques ne doivent pas moins à l'observation. C'est par elle qu'ils ont fait les premiers pas, qu'ils ont eu leurs premières idées; et jamais, lors même que d'autres facultés leur sont venues en aide, ils ne se sont passés d'elle. Qui a trouvé les phénomènes du levier et les trois modes de levier? Ce n'est ni nous, ni personne, c'est l'observation : l'inventeur n'a été qu'un observateur; il n'a rien créé, il a remarqué le premier, et il a proclamé sa remarque. C'est de même l'observation qui a mis sur la voie pour imaginer les cordes, les roues, les poulies; elle a été pour moitié, sinon pour trois quarts ou pour tout, dans la construction de la première balance et de la première pompe; c'est elle qui nous a enseigné la force immense qu'acquiert la corde mouillée pour soulever les poids; c'est elle qui a fait faire le premier moulin à vent et le premier moulin à eau, appareils si multipliés depuis. Une observation bien faite, à l'aspect de caractères d'écriture bus par le

linge mouillé, fit imaginer l'imprimerie. Grâce à l'observation, l'homme a trouvé la voile et la rame; et, grâce encore à l'observation, les yeux fixés sur l'étoile polaire ou sur d'autres dont les positions lui étaient devenues familières, avant même que la boussole fût connue, il savait s'orienter et se diriger sur les vastes mers.

C'est encore l'observation qui a donné aux hommes presque tous les procédés de la pêche et de la chasse. Si l'observation ne lui eût fait connaître les habitations, les facultés, les mœurs, la physiologie des animaux, comment saurait-il où s'embusquer, à quelle saison ou à quelle heure attaquer, de quelle manière s'y prendre? A l'un il faut offrir un appât; on forcera l'autre à la course, et pour y réussir on s'aidera du chien sur terre, du faucon dans les airs; tel est faible, et peut être attaqué de front; tel, pour être pris, doit, sauf exception, tomber dans un piége. Dans les combats contre la nature animée, l'homme n'attaque pas toujours, souvent il est réduit à la défensive: les loups, les ours, les lions, les tigres, les hyènes, les chacals, quoique repoussés par la civilisation, habitent souvent dans son voisinage; et quelquefois des ennemis plus méprisables, en apparence, lui font un mal irréparable, ou même mettent tout un peuple en danger (ainsi les chenilles, les sauterelles ont dévasté des régions entières comme le passage d'une armée, et les imper_

ceptibles térédons, en rongeant et perçant les digues, ont failli submerger la Hollande). Il faut détruire ces races hostiles : l'observation seul peut en donner les moyens. N'en donnons qu'un exemple. Dernièrement, dans un canton rongé de chenilles (dans le Haut-Bugey), un cultivateur ayant remarqué que les chênes, les noyers, les châtaigniers sont des arbres que les chenilles n'infestent jamais, ou que, si elles y touchent, elles périssent infailliblement, prit des feuilles de chacune de ces espèces, les fit bouillir dans une marmite pleine d'eau, puis aspergea des chenilles avec l'eau provenant de cette ébullition : elles périrent toutes, plus promptement même que par le savon noir.

Nous prendrions les unes après les autres toutes les industries humaines, tissus, teintures, travail des peaux, du bois, métallurgie, ornementisterie, produits chimiques, etc., etc. (voyez NOTIONS GÉN. SUR L'INDUSTRIE, 2e partie, art. VIII), partout nous retrouverions chez elles, souvent sous plus d'un rapport, l'observation; nous en constaterions l'existence, nous en reconnaîtrions la nécessité. Mais, au lieu de nous arrêter à des détails infinis, mieux vaut enfin examiner d'un coup, de haut et théoriquement, pourquoi il en est indispensablement ainsi : en sachant le pourquoi, nous verrons mieux et l'universalité et l'importance du fait.

L'homme n'est qu'un point, nous ne disons

pas dans l'espace et dans l'immensité, mais même sur cette terre, si infiniment petite fraction de fraction infiniment petite. D'une part, il ne peut créer; de l'autre, s'il voulait contrarier par sa seule volonté les forces énormes, les vastes phénomènes qui se développent autour de lui, il serait écrasé. Qu'a-t-il à faire donc? le voici : qu'il profite des phénomènes favorables, qu'il fasse travailler pour lui les forces auxquelles il est indifférent d'agir pour lui ou contre lui. Se trouve-t-il des phénomènes funestes, qu'il les évite, soit en s'éloignant, soit en se mettant hors de leur portée. Une force agit-elle contre lui, qu'il trouve moyen de faire intervenir une autre force, naturelle aussi, énorme aussi, qui diminue, neutralise ou surmonte celle dont il souffre. Mais pour profiter ainsi des uns, pour se garantir des autres, il faut, première condition, les bien connaître; par conséquent il faut les avoir étudiés. Nous ne produisons rien qu'en transformant ou en concourant à une transformation (et nous ne transformons qu'en prenant des objets à nous connus par l'observation, doués de propriétés et de forces ou connues ou à connaître par l'observation), puis en les plaçant dans des circonstances que l'observation nous a fait ou va nous faire connaître, et en contact avec de nouveaux objets connus eux-mêmes, ou que nous aspirons à connaître. En d'autres termes, nous n'opérons que sur ce qui est (que sur des objets), avec

ce qui est (avec des objets) : nos opérations ne sont guère que des actions très diversement combinées des objets les uns sur les autres; et ces actions n'ont lieu qu'en vertu de *propriétés* et de *forces* qui existent ainsi que les objets et qui existent indépendamment de nous : notre action propre se réduit à mettre les objets les uns en présence des autres, de manière à ce que telle propriété se développe, à ce que telle force opère. De deux choses l'une, donc : ou nous agissons voulant d'avance un effet précis, certain, ou nous nous proposons de savoir quel effet résultera de la position où va se trouver l'objet ; dans le second cas, nous observons; dans le premier, le but n'est atteint avec certitude que parce que jadis des observations ont été faites : or, y a-t-il besoin de dire que ce premier cas est de tous le plus fréquent; et que, contre une opération dont le but est de découvrir, il y en a dix mille et plus qu'a précédés la découverte ? Que quelquefois il se soit fait des opérations de ce genre, sans observations préalables et sans but d'observer pour les renouveler à l'avenir, nous ne le nierons pas. Mais d'abord ce sont des exceptions; et, ensuite, si ces opérations restent strictement et obstinément ce qu'on vient de dire, elles ne fonderont jamais un art, une industrie. — « Mais, dira-t-on, ceux qui exercent une industrie n'observent point eux-mêmes, ils n'en ont plus besoin ; on a observé pour eux. » Sans doute. Mais d'un côté nous

n'avons jamais dit plus (toute industrie humaine *suppose des observations antérieures*, ne veut pas dire *suppose des observations spéciales de chaque industriel*), et justement c'est un des plus beaux priviléges de l'observation que cette aptitude à fonder des industries qui occupent et produisent pendant des siècles sans exiger des observations nouvelles. De l'autre, il est certain que si à l'observation ancienne ne vient jamais s'en joindre de nouvelles, l'industrie ne fera aucun progrès. Enfin il n'est pas sûr que ceux mêmes qui travaillent matériellement ne font jamais, durant le travail, quelques-unes de ces observations qui ont fondé leur industrie; et ceux qui en font sont généralement ceux dont le travail ou marche plus vite, ou est plus parfaitement exécuté.

Nous pouvons donc hardiment conclure que toute industrie, toute exploitation, est plus ou moins fille de l'observation; et comme les trois quarts au moins des hommes sont livrés à ces occupations, on voit déjà par là combien l'observation est importante pour le bien-être de l'homme.

§ IV.

Utilité de l'Observation dans toutes les autres carrières et dans les relations habituelles ou familières de la vie : l'Observation dans les beaux-arts.

Ce que nous venons de proclamer des deux

premières séries du travail matériel de l'homme, il faut le dire aussi de la troisième ; l'observation, indispensable à l'exploitation soit de la surface, soit de l'intérieur du sol, et aux nombreuses branches d'industrie tant métallurgique que manufacturière, ne l'est pas moins au commerce, de quelque genre qu'il soit. Par exemple, le commerçant ne doit-il pas connaître à fond toutes les qualités diverses d'un même produit? et cette science, si délicate souvent, ne tient-elle pas entièrement à l'observation? N'est-ce pas d'après des observations qu'il sait quelles marchandises se gardent, gagnent ou s'avarient? N'est-ce pas l'observation qui l'aide à prévoir les débouchés et l'empressement de la demande, l'instant favorable pour faire lui-même ses commandes ou ses achats, le point d'où il tirera ses articles, la route et les moyens de transport qui les rendront dans ses magasins? N'est-ce pas à l'observation que préalablement il aura demandé conseil sur le choix d'un emplacement, sur le plus ou moins de douceur et d'élasticité des prix qu'il fixe, sur le nombre des employés, sur le mode d'accueillir la clientèle? Pour savoir à qui et quand, pour quel temps et jusqu'à concurrence de quelle somme doivent s'accorder les crédits, l'observation n'est-elle pas le plus sûr? Nous pourrions citer encore une foule d'exemples ; ceux-ci suffisent, et l'on comprend que chaque jour chacun d'eux se réalise dans des millions d'occasions.

La seule objection possible est celle-ci, que les observations pour chaque branche et chaque nuance de commerce sont toutes faites à l'avance, et qu'il est aisé de les refaire. Une objection analogue nous a déjà été lancée à propos de l'industrie, et nous l'avons réfutée. Ici l'on peut ajouter que ces observations ne sont pas si aisées, et que la preuve c'est, d'une part, que l'apprentissage a pour but en grande partie de les rendre moins difficiles au commerçant; c'est, de l'autre, qu'il est nombre de marchands qui jamais ne parviennent à les bien faire, et qui, faute d'observer convenablement, manquent leurs entreprises, achètent mal, désachalandent leurs magasins par les prix ou par la tenue, ont ou des fonds de boutique ou un encombrement de marchandises, placent mal les crédits, et finissent soit par la faillite, soit par une gêne réelle, après toute une vie de travaïl.

Passons à présent aux carrières dites libérales. Pense-t-on qu'il en soit autrement? Un léger coup-d'œil suffit pour voir que là, comme ailleurs, l'observation est essentielle. Ne parlons point des professions dont évidemment l'observation, et, qui plus est, l'observation à l'état scientifique, est la base : la médecine, par exemple. Mais celles mêmes où l'observation est un peu plus cachée, ne l'impliquent-elles pas? L'avocat, l'avoué, le juge, peuvent-ils suivre pas à pas la marche d'une affaire et saisir ses phases diverses, peuvent-ils appré-

cier et balancer des témoignages, peuvent-ils se prononcer sur des circonstances atténuantes et se faire une juste idée de la moralité d'un accusé, s'ils n'observent? Le député peut-il en conscience voter des lois sur l'exportation et l'importation, sur l'abaissement ou l'élévation des droits de douane, sur les préférences à donner à la canne à sucre ou à la betterave, sur le travail des enfants dans les manufactures, et sur une foule de questions de ce genre, s'il ne sait pas tacitement, grâce à l'observation, comment se trouvent et tout le pays et telle ou telle région, du triomphe de chaque système? Le diplomate a-t-il la moindre chance de réussir au milieu de tant de piéges qu'on lui tend, de tant de fausses apparences qu'on offre à ses yeux, s'il ne porte au plus haut point la faculté d'observation, s'il n'excelle à connaître et les choses et les hommes?

Mais le diplomate n'est pas le seul auquel ce don soit si souverainement utile, qu'on est tenté de le proclamer indispensable. A moins de vivre dans un désert, tout homme a besoin de connaître les hommes, puisqu'il doit passer ses jours au milieu des hommes; et la grande recommandation d'un père sage à son fils sans expérience, lorsque pour la première fois il l'envoie sans guide, seul, dans une grande ville, s'initier à la vie, c'est d'étudier les personnes au milieu desquelles il va se trouver, en un mot, c'est d'observer. D'où vient que, toutes choses égales d'ailleurs, l'homme âgé

est plus fin et plus prudent? C'est qu'il a plus observé. Qui donne tant de charme et tant d'aplomb au voyageur, même le plus grossier ou le plus superficiel, le moins capable de tenir un journal de voyage? C'est qu'il n'a pu se dispenser d'observer. Tous les hommes ne sont pas marchands, mais tous sont acheteurs. Qu'on achète donc un cheval, un piano, une maison, si l'on n'est observateur ou si l'on n'emploie les yeux d'un ami qui sache observer! Pour conserver sa santé, pour ne point avoir besoin de médecin, pour prévenir les maladies, ne faut-il pas que chaque homme sache reconnaître et surveiller, c'est-à-dire observer son tempérament, son degré de force, son impressionnabilité et l'action qu'exercent sur lui le mouvement, le travail, la vie sédentaire, le sommeil, les exercices, les bains, les aliments, le climat, la société de laquelle il fait partie? Ceux qui brillent dans les salons, comment ont-ils appris ce que l'on appelle les usages, les mille futilités convenues et qui ne peuvent supporter l'analyse ni s'expliquer, si ce n'est par l'observation? Ceux mêmes qui, nés dans l'opulence et dans une sphère élevée, n'ont d'autre souci que de dépenser agéablement leurs revenus, comment parviendront-ils à cette science qui constitue le *savoir-vivre*, si l'observation ne les a mis au fait, d'abord de leur propre caractère et de leur capacité, tant active que passive, puis des chances de bonheur plus ou moins durable, plus ou moins

réel, que leur présentent les divers milieux dans lesquels ils peuvent se mouvoir, les actes auxquels ils peuvent se livrer, les pays qu'ils peuvent ou voir en courant ou choisir pour résidence ?

Nous arrivons ainsi à l'art, aux beaux-arts, si distincts des arts proprement dits ou arts technologiques, arts industriels. La poésie, les arts du dessin, la musique, la déclamation et le geste qui font l'art de l'acteur, semblent au premier abord ne point avoir pour base l'observation, car tous aspirent à un idéal qu'on est tenté de croire sinon antipathique, du moins étranger au réel. Il n'en est rien. L'idéal ne s'empare puissamment de notre âme que parce qu'il s'appuie sur le réel. Nous avons vu mille figures belles, belles toutes à des degrés divers, voilà de l'observation ! et nous en avons tiré l'idée de beauté. Si ce que représente l'artiste est au-delà de tout le réel que nous avons vu, n'importe, quant à la vérité ! Autre chose est la vérité, autre chose est la réalité ! La vérité existe dès que chaque trait séparément, et chaque lien qui soude un détail à un détail, peuvent se présenter dans le réel ; et ils ne seraient pas réels, si l'observation n'avait d'avance sinon étudié, du moins saisi les réalités. Que l'observation ne soit pas tout dans l'art, c'est clair; mais qu'elle soit indispensable néanmoins, on ne peut le nier. La sculpture déjà le prouve bien nettement, car est-il de belle sculpture sans la vérité des for-

mes, des mouvements, de l'attitude et du geste? La peinture le met encore mieux hors de doute, même mis à part la peinture de portraits ou peinture de réalités : outre la *vérité plastique*, lot du statuaire, elle a égard à la perspective (c'est-à-dire à la manière dont l'œil voit les objets); elle doit représenter les couleurs et la dégradation de la lumière, elle réunit sur une même toile des quantités de personnages dans des positions ou avec des émotions différentes : comment le tout nous semblerait-il vrai, c'est-à-dire possible, si l'ensemble rendu par le peintre n'était voisin des réalités? et comment en approcherait-il, s'il ne l'avait bien observé (1)?

De même, la poésie et la littérature ne satisfont l'esprit et ne parlent au cœur que lorsque ce qu'elles décrivent, ce qu'elles racontent, ce qu'elles mettent dans la bouche des personnages est évidemment possible; ce qui implique la connaissance profonde de l'homme, encore plus que des actions qu'il subit et qu'il exerce : et, nous n'avons plus besoin de le répéter, cette connaissance implique l'observation. Pourquoi Tacite est-il le plus dramatique et le plus profond des historiens? parce que jamais historien ne jeta si avant dans l'homme un œil observateur. D'où vient que la comédie

---

(1) Nous ne disons rien ici de cette portion d'observation que suppose la partie technique de l'art, le mélange des couleurs, le maniement du pinceau, etc.

de caractère est et la plus haute et la plus difficile des comédies? parce que c'est celle qui suppose l'observation la plus profonde; et il n'y a pour ainsi dire que Molière qui l'ait traitée supérieurement. Comment se fait-il que Gil-Blas ait mérité de prendre place parmi les chefs-d'œuvre de l'esprit humain, et qu'on puisse nommer des hommes graves qui le relisent une fois l'an? c'est que les plus sévères auteurs de caractères, les La Rochefoucault, les La Bruyère, c'est que les penseurs les plus forts, les Pascal, les Vauvenargues, instruisent moins, car ils ont moins le talent de l'observation que Lesage. A quoi tient la vérité profonde, intime, de La Fontaine qui captive si universellement tous les âges? c'est que l'on ne saurait dire ce qu'il avait le mieux observé, les animaux ou les hommes.

Veut-on avoir un dernier témoignage de l'importance et de la nécessité de l'observation? qu'on prenne les deux genres artistiques qui semblent le plus éloignés du vrai, le conte de fées et la caricature. La caricature n'a nul charme si le trait qu'on exagère, et qui, chargé, amène le rire, n'est en même temps un trait réel et le trait dominant de l'objet qu'on plaisante; et le conte de fées ne plaît qu'autant que l'auteur soude habilement, et sans qu'on aperçoive la soudure, le faux au vrai. Le petit Poucet et les bottes de sept lieues sont vrais et d'une fine observation : car, que de fois David a tué Goliath! et que de Barras se sont laissé

prendre par des Bonaparte leurs bottes de sept lieues !

ARTICLE II.

DES DIVERS MODES D'OBSERVATION : CE QUE VEUT DIRE *Art d'Observer.*

§ Ier.

L'Observation vulgaire et l'Observation scientifique.

Commençons par remarquer que, par suite de l'indigence de notre langue (et il y a beaucoup d'exemples analogues), le même mot *observation* désigne : 1° la faculté de l'âme à l'aide de laquelle nous observons ; 2° l'acte même auquel se livre la faculté lorsqu'elle observe ; 3° la notion, l'idée, résultat de cet acte de la faculté observatrice (déjà l'article précédent en a offert des exemples).

L'observation, avons-nous dit, implique une des trois circonstances qui ajoutent à l'intimité de la notion, et nous avons énuméré ces trois circonstances, *dessein* avant, *notation* après, et *suite* pendant l'application de notre esprit aux objets. Tout en apercevant un trait commun aux trois circonstances, nous ne pouvons méconnaître que la dernière,

nommée ici *suite*, constitue un fait à part et donne à l'instant même un caractère particulier à l'observation.

En effet, dans les deux premiers cas, les observations, fruit de l'observation, sont *éparses* et sans lien; lors même qu'on les supposerait assez multipliées, car l'on n'aurait point eu dessein à l'avance de les multiplier, on aurait eu bien des fois dessein de faire des observations éparses : voilà tout. Au contraire, les observations faites avec suite sont *liées* au moins artificiellement, et ont chance de se trouver liées naturellement, pour peu que quelques autres observations viennent s'y joindre.

De là distinction entre l'*observation sans suite* (*observation fortuite*, *observation vulgaire*) qui donne des *observations éparses*, plus ou moins nombreuses, et l'*observation suivie* qui a pour résultat des *observations liées*.

L'observation suivie devient bientôt l'*observation méthodique*, lorsque dans la série d'observations qu'on accumule on suit une marche déterminée qu'on s'est tracée à l'avance, et qu'on regarde comme plus avantageuse sous quelque rapport. — Plus haute encore que l'observation méthodique, l'*observation systématique* non-seulement avance par une route choisie et bonne, mais avance vers un but marqué, vers une proposition finale qui est toujours de certaine généralité, et qui embrasse un ensemble de phénomènes dont elle

donne soit la cause et la raison, soit la loi, soit l'ordre. — L'*observation scientifique* ne diffère de l'observation systématique que comme le genre diffère de l'espèce, elle la contient et contient davantage; elle a surtout pour but de donner aux faits qu'elle recueille le caractère de science, caractère dont les conditions sont d'abord la certitude et la précision, puis d'être complète : pour y parvenir elle les vérifie sévèrement, elle les mesure exactement, elle tâche de les recueillir tous et de pénétrer leurs rapports et leurs causes (dans cette dernière partie de ses opérations elle *systématise*).

« Comment peut-on être certain que la science est complète ? » Elle ne l'est point et ne le sera jamais, en ce sens que tous les faits et tous leurs rapports avec leurs causes seront connus; elle le sera, en ce que par l'observation systématique bien faite on aura dessiné un cadre dont les contours et les compartiments peuvent recevoir commodément et mettre les uns vis-à-vis des autres tous les faits que l'on découvrira et constatera plus tard.

La science présente, la science dans son état actuel n'est pas la science absolue, l'idéal de la science : nous agrandissons sans cesse la première, nous aspirons à la seconde, et ce n'est que parce que nous aspirons à la seconde que nous agrandissons la première.

Des trois conditions qui caractérisent la science, les deux premières sont donc les seu-

les qui, littéralement et sans restriction, appartiennent à la science présente ou science réelle; le complet n'appartient qu'à la science absolue vers laquelle nous tendons, de laquelle nous nous approchons, mais qu'il ne nous est pas plus donné d'atteindre qu'à la branche d'hyperbole il n'est donné d'atteindre son asymptote (1).

§ II.

Avantages de l'Observation scientifique.

Si l'observation vulgaire et fortuite, ou tout

---

(1) L'hyberbole est une courbe non fermée, et où, en conséquence, l'on distingue deux branches qui vont s'écartant et s'alongeant indéfiniment; en s'écartant l'une de l'autre, elles se rapprochent chacune d'une droite respective dite *asymptote*, mais sans pouvoir jamais la joindre. Quelque singulière que cette propriété paraisse d'abord, lorsqu'on n'est pas familier avec les mathématiques, on se préparera à comprendre cette idée en se posant la progression géométrique descendante :

$$\div\div\ 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \frac{1}{32}, \text{ etc.}$$

La somme des termes (tous positifs) augmente toujours à mesure qu'on pousse la progression; jamais pourtant elle n'égalera 2. Les 5 premiers termes, par exemple, font 1 et $\frac{15}{16}$ ou 2 moins un 16[e]; les 6 premiers font 1 et $\frac{31}{32}$ ou 2 moins un 32[e]; les 11 premiers feraient 1 et $\frac{1023}{1024}$ ou 2 moins un 1024[e]; les 21 premiers feraient 1 et $\frac{1048575}{1048576}$ ou 2 moins un 1048576[e]. Le nombre 2 est comme l'asymptote de la somme toujours croissante de la progression. (Voir la note à la fin du volume.)

au plus l'observation suivie, mais non encore méthodique, systématique et scientifique, telle que nous l'avons supposée le plus souvent dans l'article qui précède, est si féconde pour l'homme en avantages, il en est encore bien autrement de l'observation parvenue à l'état scientifique.

1° Sachant découvrir dans une substance les divers principes qui la composent, et en reconnaître les propriétés, elle nous permet, tandis que jadis il fallait avoir l'objet entier, de n'avoir que le principe qui lui donne de la valeur et dont nous avons besoin. Ainsi, au lieu de l'écorce de quinquina, encore en usage il y a vingt ans, la médecine n'administre plus que le sulfate de quinine, principe dont la présence dans l'écorce de quinquina lui donne seule la vertu fébrifuge; et, indépendamment de ce que l'on épargne ainsi de faux-frais de chargement et de transport, la quinine a plus de force. De même, au lieu de la cendre des éponges brûlées, on oppose au goître l'iode qui existe dans une foule de corps d'origine marine, mais surtout dans les éponges; et, au lieu d'un remède douteux, d'un palliatif médiocrement énergique, on a un remède souverain, prompt, immanquable. Le scorbut, autrefois, opérait des ravages épouvantables dans les équipages et parmi les passagers, et l'on ne pouvait que difficilement (ou plutôt on ne pouvait en aucune façon) conserver en quantité suffisante des citrons ou autres fruits rafraîchissants

pour procurer un adoucissement efficace au mal : depuis qu'on sait extraire des citrons l'acide citrique, le scorbut a presque entièrement cessé dans la marine ; car il est aisé à transporter et à garder partout, et il opère plus activement que le jus du citron auquel il donne sa vertu rafraîchissante et purifiante.

2° L'observation scientifique donne les moyens d'opérer avec bien moins de peine et de main-d'œuvre, conséquemment avec bien moins de frais. A Seringapatnam, par exemple, on détache d'énormes blocs de granit par un procédé simple : sur la surface supérieure mise à nu, l'on ouvre à l'aide de ciseaux une rainure en ligne droite d'environ deux pouces et indéfiniment longue ; on la couvre de feu jusqu'à ce que la roche soit profondément échauffée, puis, enlevant rapidement les cendres, on verse de l'eau froide dans l'entaille ; la roche alors se fend, et laisse détacher des blocs qui ont jusqu'à vingt-cinq mètres de long et plus encore. De même, en France, pour obtenir des meules de moulin, après avoir trouvé un bloc qui peut en fournir plusieurs et l'avoir taillé en cylindre plus haut que large, on se contente de faire autour du cylindre des entailles circulaires espacées selon l'épaisseur qu'on entend donner aux meules, puis dans ces rainures on engage des coins de bois très-sec qu'on mouille ou qu'on laisse se mouiller à l'humidité de la nuit ; le lendemain, la force irrésistible avec laquelle se dilate le bois que l'eau tend à

gonfler se trouve avoir découpé le cylindre en tranches qui sont autant de meules, et qu'il n'y a plus qu'à polir comme l'on polit les meules.—La pompe à feu de Paris élève l'eau à une hauteur supérieure à celle des plus hauts quartiers de la capitale, afin de pouvoir la distribuer dans ces derniers, par conséquent à une hauteur plus que double de celle à laquelle pourraient la porter les pompes : à quoi tient ce phénomène? à cette simple observation scientifique, qu'un même corps peut se présenter sous trois formes, solide, liquide et gazeuse, et qu'il peut revenir à celle qu'il vient d'abandonner; que, par conséquent, si l'eau peut par l'évaporation se présenter à l'état aériforme, elle peut par une opération contraire revenir à l'état liquide, en un mot se reliquéfier. (Voyez Traité des Machines a vapeur.)

Toutes les machines industrielles ont de même pour but de diminuer la main-d'œuvre, depuis la plus simple et la plus vieille que l'on ose à peine nommer machine (la brouette), jusqu'à la plus moderne et à la plus compliquée. Une foule de procédés dont le résultat est le même, ont été indiqués par l'observation scientifique. —Règle générale : diminuer le travail humain, c'est mettre à profit le travail incessant, puissant et gratuit des forces de la nature; or, c'est surtout par l'observation scientifique qu'on voit bien où, quand, comment, à quelles conditions agissent les forces de la nature; c'est donc surtout l'observation scientifique qui abrége la

peine et diminue le travail. — Elle le diminue encore, ainsi que les dépenses, sous un autre rapport. Comme non-seulement elle sait les faits, mais qu'elle les mesure; comme elle n'est pas moins précise que certaine, elle voit quelle somme de forces suffit pour arriver à tel effet, quelle quantité d'éléments sont assez pour obtenir tel produit : fixant ainsi la limite du nécessaire, elle permet de ne pas l'outre-passer, tandis que, faute de cette précision, ou l'on manque fréquemment une opération pour avoir été avare de forces et d'ingrédients, ou l'on prodigue les composants et les forces pour être sûr d'arriver au produit. Il est clair que dans le premier cas l'économie n'en est point une, puisque la dépense est restée improductive ou peu productive, et que dans l'autre on a sacrifié l'économie.

3° Grâce à l'observation scientifique, souvent aussi nous économisons le temps non moins précieux que la force et que l'argent. Pour n'en prendre que quelques exemples célèbres : la toile qui, avant Berthollet, restait sur la prairie des mois entiers exposée au vent, au soleil, à la pluie, afin d'y acquérir un beau blanc, se blanchit aujourd'hui en quelques jours au moyen d'un bain chimique dans lequel elle est plongée ; les peaux, jadis, ne pouvaient sortir des fosses du tanneur qu'après y avoir séjourné un an, aujourd'hui deux mois ou moins encore suffisent, grâce aux préparations qu'a fournies la chimie moderne ; la machine à va-

peur nous entraîne et sur l'Océan et sur les routes garnies de rails (barres) de fer, avec une rapidité qui eût, il y a un quart de siècle, passé pour fabuleuse.

4° L'observation scientifique tantôt empêche de s'engager dans des entreprises inexécutables, tantôt nous donne la hardiesse d'entreprendre ce qui, faute d'elle, serait une témérité, une folie. — Ainsi, par exemple, il y a une vingtaine d'années, sur quelques faibles indices (comme des couches de bois fossiles, etc.), on imagina d'ouvrir à Bexhill (comté de Sussex) une houillère et une souscription, laquelle donna de fortes sommes; on creusa un premier puits, on construisit des machines; enfin l'argent manqua, la houille aussi : le moindre géologue l'eût dit à l'avance (Bexhill non-seulement est sur le sable, il est encore séparé des bancs de houille par une suite de couches interposées, et d'une épaisseur telle que songer à la percer est insensé.) — C'est l'observation scientifique qui, mettant les hommes à même de traverser la haute mer au lieu de raser timidement les côtes, a ouvert une communication perpétuelle entre toutes les parties du globe; c'est elle qui a créé les aérostats; c'est elle qui nous donne le moyen de soulever des fardeaux énormes, et qui a dressé sur la place Louis XV le superbe obélisque tout d'une pièce, venu d'Egypte; c'est elle qui, creusant les puits artésiens, fertilise à l'improviste un canton aride, y fait naître l'in-

dustrie, y fonde une ville ; c'est elle qui, basée sur les nivellements de terrain, trace les canaux et lie les unes aux autres les navigations (par elle un jour la Méditerranée sera liée à la mer Rouge, et il n'y aura plus d'isthme de Suez) ; c'est elle qui ose superposer des ponts aux ponts, qui ose creuser un tunnel sous la Tamise ; enfin c'est elle qui fait luire du haut des phares des flots de lumière que la lampe de Drummond rend plus éblouissants, et que les lentilles de Brewster et de Fresnel projettent si loin sans la disperser, et c'est elle qui promet d'illuminer Paris la nuit par un phare unique aussi brillant à nos yeux que le soleil.

5° A l'observation scientifique enfin nous devons plus encore, nous lui devons la conservation de nos jours, la prolongation de la vie. Sans nous appesantir sur ce fait, que la science médicale et la pratique de la médecine reposent presque uniquement sur l'observation et de l'homme en général et du malade en particulier, et que la vie humaine moyenne s'est accrue d'un quart ou d'un cinquième depuis que, par le progrès général des sciences d'observation, l'art de guérir est devenu plus circonspect, le paratonnerre, la lampe de sûreté, le masque de fil d'acier magnétisé à l'usage des aiguiseurs d'aiguilles n'ont-ils pas évidemment sauvé la vie à des milliers de victimes ? et la vaccine, à elle seule, n'en a-t-elle pas soustrait à la mort ou à une irréparable difformité, des millions ? Or, Jenner, en imaginant le pro-

cédé de la vaccine, Franklin et Davy, en construisant l'un son appareil et l'autre sa lampe, et l'auteur du masque d'acier magnétisé, n'ont fait qu'utiliser des propriétés reconnues par l'observation scientifique, mais que certainement l'observation fortuite et vague n'aurait jamais données avec assez de netteté pour qu'on en tentât l'application.

§ III.

Facultés dont l'exercice se mêle aux actes de l'observation. Conséquence : art d'observer.

En examinant bien ce qui précède on se demandera peut-être si c'est bien à l'observation, à l'observation seule que sont dus les résultats desquels nous parlons.

Non : autant il est vrai que l'observation y est pour beaucoup, autant il est vrai qu'à l'observation viennent se mêler des opérations de facultés toutes différentes.

D'abord, de notre définition même il ressort que très souvent entre les observations qui précèdent et celles qui suivent, la *mémoire* joue un rôle immense. En sommes-nous à une première observation : souvent, avant d'y procéder, nous avons appris ce que d'autres ou soupçonnaient ou avaient découvert sur le même sujet. Ici le *savoir* est indispensable à l'observation.

On voit ensuite que le raisonnement s'y joint en cent façons. Tantôt on *abstrait*, tan-

tôt on *unit* en groupes divers, tantôt on *généralise;* tantôt on a son but fixé d'avance et on *dirige* les observations vers ce but, tantôt on est en défiance de ce qu'on trouve, on *vérifie*, on recommence.

Souvent enfin, alors qu'on ne peut conclure directement, on a recours à l'*induction*, et ce que l'on ne peut expliquer on le coordonne par *hypothèse*,

Mais s'il en est ainsi, ajoutera-t-on, comment justifier le langage et les éloges auxquels on s'est livré plus haut? De deux choses l'une : ou l'observation n'est que l'observation (elle n'est ni la mémoire, ni l'induction, ni la logique, etc.), et alors pourquoi la louer de ce qu'elle ne fait pas? ou bien, l'observation est l'intelligence entière, à peu de chose près, et alors pourquoi ne pas prodiguer les louanges à l'intelligence entière?

En voici la raison.

Observation, tant que nous ne nous astreignons point à la dernière rigueur du langage, a pour nous deux sens : l'observation pure et l'observation agissant de concert avec diverses autres facultés, en alternant son action avec l'action de celles-ci. Or, 1° entre les deux modes d'observation il y a lien, il y a ressemblance, on ne le taira pas; et pourtant, 2° ces autres facultés qui mêlent leur action à l'action de l'observation, ne sont pas l'intelligence entière.

Il y a plus, ce ne sont pas ces facultés en-

tières qui se mêlent à l'observation. Dès-lors il y a loin de la manière dont nous étudions l'observation à la manière dont nous étudions ces facultés auxiliaires. Nous voulons embrasser toute la faculté d'observation, toutes ses applications, toutes ses actions; des autres, nous ne voulons savoir que ce qui se rapporte à l'observation.

Conclusion. Nous ne parlerons des facultés auxiliaires que lorsque, pour faciliter, pour exciter l'observation, elles agissent en même temps qu'elle ou entre deux actes d'observation; qu'au contraire, les facultés agissent après l'observation sans être suivies à leur tour d'observations nouvelles, elles tombent hors de l'examen que nous voulons faire.

Bien comprendre comment on peut, lorsque l'on observe, lier ainsi les observations les unes aux autres à l'aide des facultés ou des opérations auxiliaires qui ne sont point elle, constitue l'*art d'observer*.

Toute action est susceptible d'être érigée en art; l'art est tantôt la collection des principes, des règles que l'action réalise, tantôt cet heureux don de la nature ou cet heureux fruit de l'éducation en vertu duquel quelqu'un réalise les principes par l'action. Ainsi, l'on marche : les uns marchent bien, les autres mal; il existe comme des lois auxquelles les uns satisfont, auxquelles les autres manquent, qu'ils le sachent ou l'ignorent, qu'ils agissent en s'étudiant ou au hasard : dès-lors il y a un art de marcher,

et cet art c'est ou la collection desdites lois, ou la facilité soit naturelle soit acquise qu'on a de les réaliser. Nous pourrons dire de même : on danse, il y a un art de danser; on parle, il y a un art de parler, etc., etc. Nous nous bornerons à dire : on observe, il y a un art d'observer.

L'art d'observer est donc pour nous, soit *la collection des principes auxquels doit se conformer l'observateur*, pour connaître mieux, plus, plus vite, plus profondément ou plus sûrement, soit *la facilité qu'il a reçue de la nature ou de l'étude, pour se conformer à ces principes en observant.*

Et qu'on ne dise pas que, puisque la faculté d'observation existe chez tous, puisque nous observons invinciblement et spontanément, inutile est l'art d'observer. Certainement marcher et parler est aussi spontané et plus facile qu'observer, et qui dira pourtant que l'art de marcher et l'art de parler ne peuvent servir à personne? Tout ce que nous admettrons, c'est qu'il est des hommes doués d'une telle aptitude pour l'observation, qu'ils observent admirablement sans règles, et vont spontanément beaucoup plus loin que d'autres en s'évertuant. Mais ceux-là apportent l'art avec eux; ceux-là d'ailleurs, quel que soit leur art inné, profitent encore par l'art appris; enfin, ceux-là sont rares. Or, les livres en général ne s'écrivent point pour les exceptions : ils s'adressent aux intelligences que nous rencontrons tous les jours

et qui, pourvues de quelques bonnes dispositions, veulent les perfectionner et les utiliser le plus possible en substituant à la routine les principes, au hasard la méthode, et en joignant à l'action l'art. On verra bientôt que cet art contient assez de détails pour qu'il soit bon de s'en entretenir un peu à l'avance; et impossible d'agir au moment favorable comme les possédant, si l'on n'en a déjà au moins une idée.

ARTICLE III.

DES OBJETS D'OBSERVATION, DES SCIENCES D'OBSERVATION EN GÉNÉRAL, ET DES SCIENCES D'OBSERVATION PROPREMENT DITES.

§ Ier.

Champ de l'Observation.

Il résulte de tout ce que jusqu'à présent nous avons dit, que tout objet physique accessible à nos sens, ou à quelqu'un de nos sens, peut être l'objet d'observations.

Il faudrait s'égarer à plaisir en subtilités vides de sens pour ne pas bientôt ajouter à cette liste et les *corps imperceptibles* (que cependant nous espérons ou voir ou rendre sensibles à l'aide soit d'instruments, soit de procédés particuliers), et les *corps impondérables*, comme

la lumière, la chaleur, le magnétisme, l'électricité.

Il n'est pas douteux enfin qu'aux corps tant pondérables qu'impondérables ne doivent être joints les *êtres immatériels*, en tant qu'ils sont à notre portée. Ce n'est pas uniquement par les sens que nous saisissons, que nous prenons connaissance : nous guettons de quelle manière se comportent deux corps mis l'un en contact avec l'autre, et soumis à l'action du feu; nous pouvons guetter de même comment des idées s'enlacent, se fondent ensemble, comment procède le jugement, comment se forme la mémoire et combien de caprices ou de spécialités elle affecte, etc. Dans l'une comme dans l'autre liste d'examens, nous considérons ce qui se fait, nous constatons, nous ne créons pas, mais nous voulons savoir ce qui est. Notre définition s'élargit donc; et l'observation ne consiste plus à voir, toucher, goûter, flairer ou entendre, mais à constater, soit par l'intermédiaire des sens, soit *immédiatement par la pensée*, l'existence ou la propriété d'un être quelconque.

A vrai dire, les propriétés mêmes d'un objet physique ne sont-elles pas immatérielles? un corps est élastique, compressible, sonore; mais l'élasticité, la compressibilité, la sonorité sont-elles des corps? les phénomènes (le mouvement, par exemple) sont-ils des corps? les lois (auxquelles on veut parvenir à force d'observations) sont-elles des corps?

L'observation a donc ceci de beau, comme l'histoire, qu'elle s'étend, sans exception aucune, à *tout ce qui existe et qui est à notre portée;* elle s'étend même plus loin : car, quoiqu'on puisse écrire l'histoire du ciel, l'histoire du globe, l'histoire de l'air, etc., c'est surtout de l'homme que l'histoire s'occupe, tandis que l'observation se porte au moins aussi volontiers sur ce qui n'est pas l'homme que sur l'homme lui-même (1).

§ II.

Sciences d'observation.

Ces réflexions nous conduisent à reconnaître qu'il est deux grandes classes de sciences d'observation : les sciences physiques et naturelles, et les sciences d'*observation psychologique et morale* ou *historique.*

La psychologie même, c'est-à-dire l'*analyse des facultés de l'âme* et surtout *des facultés* intellectuelles, l'exposé des circonstances dans lesquelles elles se révèlent, de leur mode d'agir, des formes qu'elles prennent, des moyens par lesquels elles se perfectionnent ou s'abolissent, des relations qu'elles ont entre elles, tout cela suppose évidemment l'observation. Que, souvent, les philosophes, au lieu d'user de

---

(1) Il est encore bien d'autres différences entre l'observation et l'histoire; mais comme il est indifférent à notre but de les préciser, nous ne nous en occuperons pas.

l'observation patiente et froide, se soient livrés à l'imagination, et au lieu de faits vrais nous aient donné des chimères, cela n'est pas douteux. Mais, lors même qu'il en aurait toujours été ainsi, lors même que la science n'existerait pas encore, elle n'en serait pas moins possible et n'en serait pas moins science d'observation, comme la chimie était une science au temps même où les faiseurs d'or la faussaient par des systèmes qui précédaient l'expérience.

Connaître le cœur humain, c'est-à-dire les mobiles auxquels il obéit et qui le tiraillent en sens divers, les penchants, les habitudes et les passions, les formes diverses et les forces de ces puissances morales, leur jeu, leurs combats, leurs relations, leurs transformations, leur action et réaction mutuelle, leur langage parlé ou non parlé, les circonstances de leur origine, de leur développement, de leur disparition, leur permanence et leur similitude sous des différences extérieures plus ou moins superficielles, est une autre science inépuisable et délicate dont il est indispensable, pour ne pas commettre mille fautes dans la vie, de posséder les éléments, et dont il est impossible de ne pas reconnaître que l'observation aussi doit être la base.

Enfin, *étudier les mœurs et coutumes* des peuples, leurs costumes, leur manière d'être, tant en paix qu'en guerre, leur qualité de prospérité, leur civilisation, leur industrie, et

une foule de phénomènes sociaux, constitue une branche de sciences d'observation très riche, et dont voici les principales : 1° la science du voyageur; 2° la partie de l'économie sociale ou politique qui décrit comment les hommes obtiennent, transforment ou distribuent les produits; 3° la partie de l'histoire de l'intelligence humaine qui constate où ils en sont en fait de sciences, de lettres, de beaux-arts, de lumières et d'humanité; 4° la partie de la politique qui nous dit quel est leur gouvernement, leur organisation sociale, leur répartition en classes, castes, ordres, corporations ou tribus; l'état chez eux de la propriété, de la religion, etc., etc.; 5° la statistique qui dénombre la population, les richesses en tout genre, les établissements, et qui suit chacun de ces grands embranchements jusque dans leurs dernières ramifications; 6° la géographie. Prouver que chacune de ces sciences ou parties de science repose entièrement sur l'observation, serait superflu. On voit, de même, qu'elles forment comme la transition des sciences d'observations psychologiques et morales aux sciences physiques et naturelles. Ce sont déjà des objets matériels que la plupart de ceux que contemplent ou constatent les sciences, ou du moins les phénomènes qu'ils constatent sont des relations d'objets matériels entre eux. La géographie surtout se lie si intimement à la géologie par la géographie physique, qu'on en est à se demander si celle-ci doit être placée

dans la première ou la deuxième des grandes catégories que nous avons reconnues. Des deux mots qui composent la totalité de son nom, le premier semble devoir se maintenir dans la première catégorie; mais si l'on comprend bien l'objet et la nature même de la science elle-même, on verra qu'il faut la rapporter aux sciences physiques et naturelles.

Avant d'en venir à celles-ci, disons que, comme annexe à la première catégorie, nous placerons ces observations qui consistent à tirer d'un morceau écrit en une langue les principes de la langue; d'un livre qui suppose une science connue, les principes de la science, lorsque l'on ne connaît ni cette science ni ce livre. Il y a là autre chose que de l'observation, mais il y a aussi de l'observation bien précise et bien profonde; et l'observation qu'il faut faire en ce cas est absolument du genre de celle de l'illustre Cuvier retrouvant, par l'examen des ossements fossiles, leur liaison d'abord entre eux et ensuite les formes, les habitudes et les classes de l'animal.

Ceci posé, venons-en aux sciences physiques et naturelles. Ici nous n'avons qu'à présenter le tableau qu'on peut lire avec plus de détail au chapitre IIe des *Notions générales*, servant d'introduction à toute notre présente Collection.

I. Sciences naturelles (elles sont les plus nombreuses)

1) Le monde entier, ASTRONOMIE SIDÉRALE;

2) Le monde solaire;

(1) Le monde solaire en général (soleil et planètes), ASTRONOMIE DU SYSTÈME SOLAIRE.

(2) Notre globe ;

(1)) Notre satellite ou la lune, SÉLÉNOGRAPHIE ;

(2)) Notre globe seul ;

((1)) Son enveloppe aériforme, l'air même et ce qui s'y passe, ou ce qui se passe à peu de distance, MÉTÉOROLOGIE ;

((2)) La terre même;

((1))) Le sol et la mer en général.

A. GÉOLOGIE ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

B. HISTOIRE DES MERS.

((2))) Les existences distinctes.

A. Le monde inorganique, MINÉRALOGIE.

B. Le monde organique.

a. Règne végétal, BOTANIQUE.

b. Règne animal.

a) ZOOLOGIE proprement dite (et ANATOMIE COMPARÉE), avec ses nombreuses divisions.

b) ANTHROPOZOOLOGIE, c'est-à-dire étude de l'homme, comprenant :

(*a*) ANATOMIE et PHYSIOLOGIE.

(*b*) CRANOLOGIE (ou connaissance des dispositions par les formes du crâne).—PHYSIOGNOMONIE (ou connaissance des caractères par la physionomie).

(*c*) PATHOLOGIE et NOSOLOGIE.

(*d*) HYGIÈNE et THÉRAPEUTIQUE.

II. Sciences physiques.

1) La PHYSIQUE divisible en

(1) Science de l'équilibre et du mouvement ;

(1)) STATIQUE, HYDROSTATIQUE ;

(2)) DYNAMIQUE, HYDRODYNAMIQUE, ATMODYNAMIQUE (ou dynamique des gaz et vapeurs) ; — puis les applications de ces trois sciences (ou MÉCANIQUE) ;

(2) Science des grands agents ou grands phénomènes ;

(1)) Monde pondérable.

A. ATMOGRAPHIE (ou théorie des gaz et vapeurs, transition à la dynamique par l'atmodynamique).

B. ACOUSTIQUE (ou théorie du son).

(2)) Monde impondérable.

A. Théorie de la chaleur.

B. Théorie de la lumière (ou optique).

C. Théorie de l'électricité ; théorie du magnétisme.

2) La CHIMIE, qu'on peut toujours diviser en

(1)) Chimie inorganique;

(2) Chimie organique, ou

(1) Chimie végétale,

(2)) Chimie animale.

§ III.

Plan du présent Ouvrage.

Telles sont les nombreuses sciences dont l'observation seule a décidé la naissance et peut hâter les progrès. Celles qui sont encore dans l'enfance ou à l'état vague, doivent leur insuffisance et leurs imperfections au peu de goût qu'ont eu ou qu'ont encore pour l'observation ceux qui les cultivent : la psychologie, par exemple, et la géologie ont été longtemps et sont encore quelquefois des théâtres où l'imagination et l'esprit de système se donnent carrière et rompent des lances. Celles qui depuis longtemps marchent rapidement n'ont fait de pas en avant que par l'observation, ont rétrogradé ou fait fausse route dès qu'on a négligé d'observer, et ont toujours vu leur développement se proportionner au nombre, aux soins et à l'habileté des observateurs. Ainsi le mépris absurde des Grecs pour les branches secondaires de la zoologie, les empêcha longtemps d'y rien comprendre : vint Aristote qui, tout-à-coup, éleva cette branche d'études au rang de science, grâce à ses nombreuses et admirables observations ; son école laissa se ralentir le mouvement qu'il avait imprimé, et au bout de quelques pas encore la science retomba. De même en médecine, riche d'ob-

servations anciennes bien faites qu'il avait à sa disposition au temple de Cos, et parfait observateur lui-même, Hippocrate constitua la médecine comme science; son exemple ne fut pas sans influence, mais on ne le suivit pas réellement, et autant il est réel que la science médicale fit quelque progrès, autant il est évident qu'elle eût dû en faire, après l'apparition de ce grand homme, dix fois davantage : c'est que l'imagination grecque s'impatientait de la lenteur des observations. L'astronomie fut plus heureuse jusqu'à un certain point : les Méton, les Callipe, les Hipparque, les Aristarque de Samos avaient suivi les cours des astres, établi des cycles, dressé des catalogues, calculé des distances, sinon toujours avec la plus grande justesse, du moins avec un talent remarquable, surtout si l'on pense à l'exiguité des moyens de correspondance, à l'absence d'instruments, à la faiblesse ou à l'incommodité de leurs moyens de calcul; mais cette absence même d'instruments, et les malheureux préjugés astrologiques et la précipitation beaucoup trop grande avec laquelle Ptolémée (d'accord au reste avec beaucoup de ses prédécesseurs) formula le faux système astronomique qui fait tourner planètes, soleil et contellations autour de la terre, substituèrent l'hypothèse et le mensonge à l'observation et frappèrent pour six ou cinq siècles au moins l'astronomie de stagnation. Les Arabes la relevèrent (IXe siècle).

parce qu'ils furent souvent observateurs ; puis on abandonna de rechef l'observation (après les tables Alfonsines, XIIIe siècle), et il y eut encore un temps d'arrêt. Mais quand, la science géométrique et l'algèbre s'étant perfectionnées, on observa les courbes des corps planétaires, avec leurs vitesses et les espaces décrits par eux ; quand Bacon, en recommandant sa méthode d'observation comme le moyen d'avancer dans les sciences, eut proclamé ce que tout le monde après tant de déceptions sentait confusément ; quand Galilée eut découvert la lunette qui permet d'apercevoir immensément au-delà de la portée de la vue, et donné le signal aux constructeurs d'instruments ; alors la science prend le pas de course et ne commet plus d'erreurs, ou du moins elle sait en quoi elles consistent, et elle va les atténuant sans cesse.

Maintenant, ayant pour but de faire connaître, de mettre à même de pratiquer l'art d'observer, qu'est-ce que nous avons à faire ?

On sentira d'abord qu'il faut nous garder d'entrer au fond des sciences elles-mêmes. Nous ne faisons ici ni cours de physique, ni cours d'astronomie ou de géologie, nous faisons un cours d'art d'observer. Ce que nous dirons de ces sciences ne doit venir que comme exemple, à l'occasion et à l'appui des préceptes. Ces exemples, nous les emprunterons naturellement, tantôt à l'une, tantôt à l'autre des sciences : la monotonie serait un

écueil ; il faut d'ailleurs que l'observateur s'étudie à varier la sphère où il observe : chaque fois qu'il change de terrain il a en quelque sorte à modifier son action dans quelques détails ; il acquiert ainsi la souplesse, l'esprit d'expédient et de ressource, un des éléments les plus précieux de l'esprit d'observation. Cependant, bien que désireux de varier autant que possible le champ de l'observation, nous ne demanderons point d'exemples à la psychologie, à la statistique et à toutes les sciences d'observation qui constituent la première catégorie : nous les choisirons tous dans celles de la seconde, ou sciences d'observation proprement dites. Nous aimerons mieux consacrer aux premières un chapitre final et complémentaire à part, afin de ne rien omettre.

D'après cela, et considérant que l'observation a des procédés généraux qu'en conséquence elle applique dans presque toutes les sciences, et qu'elle en a aussi de presque spéciaux pour quelques-unes d'elles, puisque au moins ils y reviennent plus fréquemment, voici quel ordre nous suivrons dans les pages qu'on va lire.

1° Nous parlerons en quatre ou cinq articles des qualités intrinsèques de l'observateur, des secours du dehors qui en facilitent l'action, c'est-à-dire des collections et des instruments, enfin de divers artifices auxquels il doit avoir recours.

2° Viendra ensuite la théorie des procédés qu'il emploie : les observations de faits donnés par la nature, les observations de faits créés par lui ou expériences, les moyens particuliers à employer pour les unes comme pour les autres (dissection, pulvérisation, action du feu, etc.); puis les opérations d'esprit qui lient ensemble les observations ou résultats d'observation, la généralisation, la méthode, l'induction et la déduction, l'hypothèse.

3° A l'exposé général de ces procédés, succédera un chapitre sur la spécialité usuelle de chacun d'eux.

4° Enfin le chapitre complémentaire sur l'observation dans les sciences de la première catégorie, terminera ce que nous croyons avoir à dire pour envisager sous toutes les faces et dans toutes les applications possibles l'art d'observer.

ARTICLE IV.

DES QUALITÉS OU CONDITIONS QUE DOIT RÉUNIR L'OBSERVATEUR, ET D'ABORD DES QUALITÉS OU CONDITIONS PHYSIQUES.

§ Ier.

Indication générale des qualités ou conditions désirables chez l'Observateur.

Sans donner dans l'exagération de ceux qui,

dans leur enthousiasme pour l'art d'observer, voudraient trouver chez l'observateur la réunion des qualités éparses chez les autres classes de savants, et qui ne songent pas que justement ce qui recommande l'art d'observer à nos yeux, c'est qu'on peut le pratiquer sans être un savant de profession, nous reconnaîtrons que l'observateur de la nature doit posséder, sauf exception :

1° Les organes des sens ;
2° Des conditions physiques diverses, mais qui ne font point partie des organes sensitifs ;
3° Certaine somme de connaissances préalables ;
4° Certaines dispositions morales ;
5° Certaines qualités intellectuelles ;

§ II.

De la nécessité des sens comme moyens d'observation.

Il n'est pas besoin de démonstration pour prouver que *les sens sont indispensables* pour l'observation de la nature, puisque, si l'on se réfère à la définition donnée plus haut, observer, c'est prendre note, à l'aide d'un ou de plusieurs sens, de faits saisissables par les sens. Tout au plus pourrait-on faire les objections suivantes : 1° Est-il indispensable de posséder tous les sens, puisqu'un seul suffit pour prendre note d'un détail? 2° Ne nous est-il pas

possible de faire voir, toucher, goûter, entendre ou sentir par d'autres personnes, tout en dirigeant leurs observations, en les coordonnant, en les élaborant pour en tirer les conséquences qu'elles recèlent?

Sans doute, à toute force, ces singularités sont possibles! Mais, par cela même que ce sont des singularités, on ne peut y compter; et il n'est utile d'en faire mention que pour voir à quel point la persévérance et la force de volonté, unies à cette souplesse d'esprit qui fait trouver partout des expédients, peuvent suppléer à ce qu'on n'a point. Depuis deux mille ans et plus on parlait des abeilles sans connaître les particularités les plus curieuses de leur organisation, de leur reproduction, de leur travail. Enfin Huber dévoile ces mystères qui ont échappé à tant d'yeux, bien qu'on ait souvent tenté de les apercevoir; et cependant Huber est aveugle! Mais Huber réunit toutes les connaissances et tous les dons de l'esprit qui constituent l'observateur de premier ordre; et Huber a près de lui, pour voir à sa place, sa femme qui n'est point étrangère à l'histoire naturelle, et surtout son fidèle domestique François Burnens, qui partage la passion de son maître pour l'observation. Huber se pose à lui-même les questions, détermine quel point doit être examiné, imagine les expériences, les expédients, en un mot porte l'œil de son patient auxiliaire sur tout ce qui laisse un doute ou provoque une recherche; puis

quand Burnens a vu pour lui, il coordonne, compare, tire des conséquences, et souvent, en ajoutant aux résultats déjà conquis, aperçoit encore des pas à faire, combine de nouvelles explorations, et envisage les faits sous une face inattendue. Burnens lui-même, par cette pratique de tous les moments, se familiarise avec les méthodes et le but de l'observation : tantôt un mot le met sur la voie, tantôt il s'y met de lui-même sous l'inspiration, encore plus que sous la direction de Huber; il cherche, il trouve des détails précieux : de telle sorte qu'aux organes des sens l'observateur matériel réunissait d'autres conditions essentielles à l'observation. Cet exemple célèbre nous permet d'apercevoir la possibilité d'une association entre deux observateurs, l'un doué de sens plus fins et plus souples, l'autre qui aurait plus d'habileté pour diriger les recherches et pour en utiliser les résultats. Mais, comme entre Huber et Burnens, il faut que les deux collaborateurs soient sans cesse en communication, comme le sont chez nous les organes des sens et la pensée; et le mieux encore, l'exemple même le démontre, c'est qu'au même observateur appartiennent et l'intelligence et les organes des sens. Quant à la possibilité de se passer d'un d'entre eux, — sans discuter longuement, il est fort clair d'abord que cette possibilité ne devrait jamais s'étendre à plus d'un sens (au-delà l'on serait infirme, et l'on aurait à songer à tout autre

chose qu'à l'observation), et que s'il n'est pas rigoureusement nécessaire de posséder tous les sens, du moins les observations seront d'autant meilleures ou plus nombreuses qu'elles auront été produites par plus de sens. Un objet, pour être bien connu, doit avoir été non-seulement ou vu, ou touché, ou goûté, etc., mais vu et touché, et goûté, et senti et entendu; puis les connaissances acquises par les sens en préparent d'autres, ou provoquent les recherches : elles ont entre elles de l'analogie, ou bien présentent une apparence de contraste (par exemple, un poison qui serait doux au goût), et c'est cette réunion des divers caractères observés qui forme l'individualité de ce qu'on veut connaître.

De plus il faut, et ici la condition est de rigueur, que l'*organe des sens ne soit point perverti* par une affection maladive, temporaire ou autre; car dès-lors les observations sont radicalement fausses. L'œil affligé de strabisme ne rapporte point les objets à leur véritable place, et, dans la jaunisse, tout lui semble jaune; l'oreille fausse fait percevoir les sons autres qu'ils ne sont, et mal juger les intervalles; la peau, échauffée par la fièvre, discerne mal la température des objets soumis au toucher. Les seules observations qu'on puisse faire en des cas semblables, sont celles qui auraient pour but de faire voir à quel point il est possible qu'une maladie ou une organisation à contre-sens rende l'observation impossible. Ainsi

posons en principe que, pour bien observer, les sens doivent être bien constitués et n'avoir aucune lésion ou affection qui altère leurs fonctions.

De plus, il est à souhaiter qu'ils produisent entièrement leur effet; en d'autres termes, il faut autant que possible que les *organes des sens* soient *puissants et parfaits*. Avec la vue faible, par exemple, et si l'on a de la peine à distinguer des étoiles de quatrième ou de cinquième grandeur, il est difficile que jamais on fasse beaucoup d'observations astronomiques. Les observations d'acoustique, évidemment, ne peuvent être faites que par des personnes qui possèdent une grande finesse d'ouïe. Au reste, il y a cette différence entre la faiblesse et la lésion ou altération des organes, que dans le dernier cas ceux-ci fournissent des observations fausses, tandis que dans le premier les observations sont peu nombreuses ou peu complètes.

Du reste, quelle que soit la perfection des organes, ils ont des limites qu'ils ne sauraient passer; et, quelle que soit leur validité, ils sont sujets à *des illusions* que souvent redressent d'autres sens ou que l'habitude nous met à même de redresser sans grande peine et même sans que nous nous en apercevions.

Ainsi, par exemple, pour les illusions auxquelles l'œil ne saurait se dérober, un bâton plongé dans l'eau suivant toute autre ligne que la perpendiculaire paraît brisé et il ne l'est point

(c'est un effet de réfraction). Qu'on tourne avec certaine vitesse un charbon rouge, on verra un trait circulaire embrasé ; et, en général, tout corps mû rapidement offre une ligne continue quoiqu'il n'occupe successivement qu'une partie de cette ligne courbe. L'écarlate, vue par un jour faible, est bleue, et l'on sait combien les couleurs changent suivant le jour qui tombe sur elles : les objets, à mesure qu'ils s'éloignent, perdent non-seulement de leur dimension apparente, mais encore de leurs formes ; les angles deviennent des courbes, une tour carrée semble une tour ronde. La position, même sans éloignement, donne un tout autre aspect aux objets : rarement un cercle pour l'œil est véritablement un cercle, c'est presque toujours un ovale et quelquefois c'est une ligne droite. Emportés par une rapide voiture ou par un bateau, nous croyons voir fuir la route ou le rivage. Ce qu'il y a de curieux, c'est que, quand une expérience journalière nous a mis à même de corriger avec précision ces illusions en y substituant une réalité certaine, elles nous paraissent ne plus être. Le cercle vu ovale ou rectiligne, et que, grâce à l'habitude, nous savons être un cercle, nous nous imaginons le voir et l'avoir toujours vu circulaire. Les objets que nous voyons tous comme compris en un même plan, mais dont l'usage nous a révélé la vraie place dans l'espace, nous croyons les voir situés sur des plans divers, les uns en avant et faisant saillie, les autres plus ou moins en arrière (dans les tableaux et les gravures).

Quant *aux bornes de nos sens*, elles sont de plusieurs sortes. — 1° Il y a, au moins pour la vue, impossibilité de saisir en même temps tout un objet : d'un cube jamais nous n'apercevons que trois faces au plus en même temps, et il peut se faire que nous n'en voyions qu'une ; d'un globe on ne peut apercevoir que la moitié à la fois, et si l'on combine cette imperfection avec quelqu'une des illusions ci-dessus, la notion est bien plus inexacte encore : des trois faces du cube aucune n'est vue comme un carré, et cependant dans la réalité toutes sont des carrés ; la moitié de globe, que peut saisir notre œil, lui semble un cercle et non une moitié de globe. — 2° Il y a des corps et des effets que les sens ne sauraient distinguer. Tels sont d'abord ceux que leur ténuité soustrait à l'œil et au tact, et dont plus tard pourtant le microscope a constaté l'existence. Il est tout simple de soupçonner qu'il en est de même des sons, des odeurs, des saveurs que leur faible quantité nous empêche de saisir et qui n'en existent pas moins. Tels sont ensuite les objets très grands, s'ils sont trop voisins de nous : il est impossible aux sens seuls d'en saisir l'ensemble, la forme vraie, l'étendue ; de telle sorte qu'il en est des dimensions très volumineuses comme de l'extrême petitesse. Enfin, les objets parfaitement transparents sont invisibles. Tel est l'air ; et si nous le voyons, ce n'est que de très loin et parce que, grâce à l'éloignement dans un es-

pace vu petit par l'œil (c'est-à-dire qui a pour mesure la sous-tendante d'un très petit angle : voyez *Traité de Géométrie* et *Traité de la Lumière*, 1re partie), sont accumulées beaucoup de couches et beaucoup de colonnes d'air. — 3° Les distances nous trompent sur la dimension des objets, et modifient de mille façons diverses l'impression des phénomènes. — 4° Les corps mêmes ou les effets qu'on observe détruisent ou altèrent l'organe observateur : la forte chaleur et l'engourdissement par le froid ôtent la sensibilité tactile à la peau ; un son trop aigu, une odeur trop pénétrante, une saveur trop forte, étourdissent en quelque sorte l'ouïe, l'odorat, le goût, et suspendent les sensations.

Ajoutons que quelquefois un sens *croit éprouver* une impression lorsqu'il n'en éprouve aucune. Le tintement d'oreilles fait croire à des sons qui n'ont point été produits. Les yeux voient des couleurs qui ne se trouvent que sur leurs rétines. Les songes quand on dort, les visions pendant la veille, sont des phénomènes de même genre : on croit saisir par les sens des objets extérieurs. L'ébranlement des nerfs qui font partie de l'appareil d'un sens est probablement la cause de cette impression. L'impression est, on ne saurait le nier ; l'ébranlement est réel ; l'objet extérieur, cause ordinaire de l'ébranlement, est imaginaire.

Enfin, les mêmes sens d'hommes différents *ne sont pas rigoureusement semblables* (de là

des couleurs, des saveurs, des odeurs, des sons agréables aux uns, désagréables aux autres); et le même homme ne reçoit pas des mêmes objets les mêmes sensations d'un bout à l'autre de la vie, même en supposant parfait l'état de sa santé. Il en résulte que si, grossièrement et superficiellement, les observations se trouvent d'accord, en détaillant et en approfondissant davantage, l'identité n'est point parfaite.

§ III.

Règles et préceptes relatifs aux organes des sens.

Les premières conclusions auxquelles mènent ces remarques sont celles-ci :

1° On doit d'abord *se mettre bien au fait de la spécialité de chaque sens et des imperfections et illusions* qui peuvent vicier leurs rapports, et s'assurer qu'il n'en sera pas ainsi dans les observations qu'on va faire. Le sens le plus sujet à ces erreurs, c'est celui de la vue. La vue juge naturellement les lumières et les couleurs : ici, ce qu'on nomme illusion n'en est point toujours une, car la couleur varie suivant et l'intensité et l'incidence de la lumière. Puis, la vue juge expérimentalement et indirectement des distances, des formes et de la situation des objets; mais naturellement elle voit tout sur le même plan, elle altère les

formes, elle ne perçoit point les distances : le toucher nous a dévoilé ce qu'il faut croire sur ce point; et combinant les enseignements de ce sens avec les nombreuses et diverses variations de couleur qui accompagnent les variations de distance, de position et de forme, nous en sommes venus à juger par la vue de ce qui n'est pas du domaine de la vue. Mais près du certain se trouve toujours l'incertain; et tel est le voisinage de l'erreur et de la vérité, telle est notre faiblesse, que nous devons toujours nous tenir en garde de conclure de ce que nous voyons à ce qui est. Comment sortir de cette défiance? Comment s'assurer qu'un rapport, une décision des sens, est conforme au vrai? Nous reviendrons sur ce point au § II de l'article suivant.

2° L'observateur doit, outre cette étude des sens en général, *examiner* spécialement *quelle perfection ont ses propres organes des sens*. Lequel l'emporte chez lui, la finesse du tact, la délicatesse de l'ouïe ou de l'odorat, ou la perspicacité de la vue? Et chaque sens en particulier, quelle qualité le distingue chez lui? Est-ce l'étendue ou la souplesse, ou la netteté, la précision, ou la sûreté de ses rapports, ou la spontanéité avec laquelle il s'exerce? Puis, ce sens chez lui se fatigue-t-il? ne varie-t-il pas, ou n'a-t-il jamais varié? etc., etc. Telles sont les questions que doit s'être posées, à l'avance, tout scrupuleux observateur, et sur lesquelles il faut qu'il revienne de temps à autre sous peine d'être en chance d'erreur.

3° Les imperfections qu'on se reconnaît, on *tâchera de les faire disparaître, ou* si elles ne dépendent pas de nous, *de les atténuer ;* les illusions, on s'en défendra en rectifiant, en rétablissant la vérité, en traduisant en quelque sorte. Ainsi les ovales ou les lignes droites redeviendront des cercles; les trapèzes ou autres quadrilatères, des rectangles, des carrés; les lignes obliques, des parallèles, etc. Un son faible sera jugé plus fort parce que l'on tiendra compte de l'éloignement; et l'éloignement même, on en jugera par des circonstances que nous indiquerons plus tard. Surtout on exercera les organes, car l'exercice (contenu dans des limites convenables et n'allant pas jusqu'à la fatigue) est ce qui perfectionne le plus. C'est une chose presque incroyable que la perfection à laquelle, jeune et souple encore, un organe peut parvenir par l'exercice. L'ouïe, l'odorat, la vue arrivent chez les sauvages à un degré qui ressemble presque à la divination: ils suivent un homme à la piste pendant des lieues à travers un bois, sans route. Ils distinguent sur le sable les traces d'un lion, d'un tigre ou de tout autre animal : ils diront s'il marchait, ou s'il courait ; ils voient quand il a commencé à se fatiguer. Ils entendent, le vent aidant, un faible son à une lieue, et ils discernent le cri de tous les animaux. Personne n'ignore par quelle finesse de tact et d'ouïe les aveugles suppléent souvent au sens qui leur manque.

4° Comme cependant tous les sens ne pourront être également perfectionnés et qu'ils n'auront pas toutes les qualités au même degré, on devra se demander s'ils ne pourraient être *appliqués* spécialement *l'un à telle espèce d'observation, l'autre à telle autre.* Sous ce point de vue, bientôt l'on remarquera que les objets à observer se rangent d'eux-mêmes en deux grandes catégories : les uns grands ou produisant des impressions vastes ou violentes; les autres, petits, minutieux et doux. Evidemment les observateurs pourvus de nerfs plus délicats et plus mobiles sont les plus propres à examiner ces derniers : tel anatomiserait avec succès les grands animaux, qui ne découvrirait rien dans un insecte inconnu; et réciproquement. Les observations fines et précises sont aussi plus fréquemment le lot des hommes ainsi organisés. Toutefois, lorsqu'un observateur se spécialise ainsi, qu'il tienne compte, non de ses organes seuls, mais aussi des facultés intellectuelles qu'il possède. Mais comme le plus souvent ces facultés intellectuelles se trouvent en intime rapport avec les sens eux-mêmes, on peut toujours commencer par bien étudier ceux-ci; et presque dans tous les cas la décision prise d'après ce premier examen sera celle qu'on prendrait après le second.

§ IV.

Qualités physiques distinctes des organes des sens, proprement dites.

Les observations ne peuvent se faire toutes au même lieu, encore moins en un cabinet, au coin du feu, et ayant toutes ses aises. Une des conditions les plus essentielles aux observateurs est donc d'être actif, dispos, résigné *à varier sa résidence et ses habitudes.*

Ce n'est pas tout : il faut souvent *aller à pied*, *gravir*, *descendre* au fond des carrières, avoir le corps entier dans l'eau, braver un air miasmatique, supporter l'inclémence ou les intempéries des saisons. On herborise en Sibérie et en Islande, on prend la hauteur du Chimboraço et de l'Himalaya, on ose entrer dans le cratère de l'Etna ou du Mouna-Roa, on recueille des observations géologiques ou thermométriques à plus de cinq cents mètres au-dessous de la surface du globe. Que serait-ce si nous parlions des voyageurs qui affrontent le dévorant climat de l'Afrique, des médecins qui vont observer la fièvre jaune, la peste et le typhus au chevet de ceux qui en meurent?

Lors même qu'on reste chez soi, il faut savoir *braver le froid*, *la fatigue*, *la paresse.* Bien qu'avec des lunettes on puisse observer les étoiles en plein jour, c'est la nuit qu'on en voit la multitude briller de tout son éclat et

qu'il est facile de les suivre ; c'est dans les plus longues et les plus froides nuits d'hiver qu'elles illuminent le ciel comme à plaisir, et qu'il s'en succède le plus grand nombre ; car très souvent, on le sait, les plus fortes gelées ont lieu par l'air le plus serein, et il est tout simple qu'en quinze ou seize heures il s'élève et s'abaisse plus d'astres qu'en sept ou huit (1). Les observations météorologiques, à leur tour, exigent souvent qu'on sorte la nuit ou de grand matin, par la pluie, par la neige, par la grêle, par le vent.

Enfin il est beaucoup d'occasions où, indépendamment de cette prestesse d'esprit et de cette habileté intellectuelle dont nous parlerons plus tard, il faut certaine prestesse matérielle, certaine dextérité manuelle, soit qu'on veuille créer un phénomène, soit qu'on veuille saisir au passage un objet, soit enfin qu'il s'agisse de chauffer, de volatiliser, de cristalliser, de dissoudre, de séparer, de mesurer et de peser, en un mot de produire ou d'apprécier exactement un effet.

Résumons : activité, agilité, santé, vigueur, habitude de rompre le sommeil et d'agir par

---

(1) Les nuits au 20-24 décembre ont 16 heures, au 20-25 juin en ont à peine 8 ; mais en défalquant au moins une demi-heure matin et soir pour l'aurore et le crépuscule, pendant lesquels l'œil ne voit encore aucun astre, ces nuits sidérales se réduisent à 15 et 7 heures au plus.

toute espèce de temps, enfin adresse et prestesse de main, telles sont les qualités dont a souvent besoin un observateur. S'il n'est pas essentiel de les réunir toutes à la fois, du moins est-il certain que plus on en réunira, plus la réussite sera probable, et qu'il n'est pas un seul genre d'observation où il ne soit indispensable d'en posséder au moins deux ou trois.

ARTICLE V.

DES QUALITÉS OU CONDITIONS, SOIT INTELLECTUELLES, SOIT MORALES, DE L'OBSERVATEUR.

§ Ier.

Connaissances préliminaires que doit avoir l'Observateur.

Bien qu'en général nous ayons pour but de mettre à même d'observer ceux qui ne sont pas et ne veulent pas être des savants, bien que nous ne veuillons en aucune façon décourager ceux dont l'éducation ou a été négligée ou n'a produit que de faibles résultats, en général nous devons remarquer que, toutes choses égales d'ailleurs, un observateur pourvu de certaines connaissances préliminaires réussira plus probablement que celui qui n'en a pas.

Ces *connaissances préliminaires* (c'est-à-dire antérieures aux efforts spéciaux qu'on va faire pour observer) sont les unes *générales*, les autres *spéciales*.

Celles-ci surtout ont une première utilité évidente : faute de les avoir, il peut se faire qu'on s'évertue à chercher ce qui a été découvert, à décrire ce qui se trouve décrit dans plus d'un livre; quiconque les possède, au contraire, commencera les investigations au point où tous les autres les auront cessées, ou bien les portera sur des objets qui n'ont pas encore été soumis à l'examen. De plus, elles provoquent l'attention, et il en sort comme des problèmes qu'on n'aurait point soupçonnés. Enfin il n'est pas rare qu'elles mettent sur la voie, qu'elles empêchent la fausse direction des idées, et qu'elles recèlent dans l'énoncé d'un problème bien posé la solution à laquelle on aspire. Si Franklin n'avait connu la bouteille de Leyde et les batteries électriques, il ne se fût pas posé ce problème : « La foudre n'est-elle pas tout simplement un effet électrique ? » Or, il fallait et ce problème et sa solution pour qu'on arrivât au paratonnerre. Si après que Képler, par d'exactes observations des planètes, eut formulé mathématiquement les grandes lois de leurs mouvements, Newton eût ignoré les lois de Képler, il n'eût pas découvert l'attraction.

Quant aux connaissances générales, outre qu'elles produisent indirectement les mêmes effets sur l'esprit que les connaissances spéciales, elles abrégent singulièrement le temps, elles donnent de l'aplomb, de la précision; elles dispensent des tâtonnements, elles aident

à bien saisir d'avance le point capital, le centre, le nœud, la clef, le but de tout ce qu'on fait, à établir des jalons et des points de repère, à diriger convenablement les opérations de détails.

Il en est des connaissances générales comme des qualités physiques dont il a été question à l'article précédent : elles ne sont pas indispensables toutes à la fois, mais il faut ou en posséder toujours quelques-unes ou les acquérir chemin faisant, ce qui retarde ; et qui les a toutes ou presque toutes, est plus assuré ou plus voisin d'un succès.

Ces connaissances préliminaires générales que nous recommandons, et qui peuvent être poussées plus ou moins loin, sont, outre la lecture et l'écriture dont évidemment on ne saurait se passer :

1° Le calcul avec un peu de géométrie, et surtout la parfaite habitude du système métrique (car mesurer et peser reviennent sans cesse dans l'observation ; et si l'on ne fait ces opérations sans peine et sans crainte de se tromper, ou l'on perd un temps immense, ou le fruit des observations se réduit pour l'ordinaire à bien peu de chose (1));

(1) S'il s'agissait d'observations ardues et savantes, ce n'est plus des premiers éléments de mathématiques que l'observateur aurait besoin ; la plus haute analyse

2° Des éléments de dessin ou au moins de dessin linéaire, soit pour représenter les objets, soit pour les rapporter à leurs places respectives (1);

3° Des notions de physique et de chimie (2);

---

n'est pas de trop dans ce cas. En mécanique, en acoustique, en optique, dans la théorie de la chaleur et des vapeurs, on ne va pas loin sans mathématiques transcendantes : sans elles, Laplace n'eût pas donné la théorie des perturbations séculaires, et prouvé qu'elles rentrent dans la loi générale d'attraction et la confirment.

(1) Tout le monde sait qu'un des moyens les plus expéditifs et les plus puissants de faire comprendre la géométrie et de faire connaître les objets physiques, c'est la multiplicité des figures bien exécutées. Quelle description de machine ou d'individu organisé donne l'idée mieux que la figure, si elle est fidèle, suffisamment grande et répétée sous deux ou trois faces? aussi avons-nous semé des figures à profusion dans la BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES ET DES ARTS.

Ce qui donne tant de facilité pour se familiariser avec la science créée par autrui, n'en donne pas moins à qui veut créer à son tour partie de la science : savoir tracer des figures et dessiner.

(2) Car, lors même qu'on n'observerait ni agent ni effet physique ou chimique, à peine est-il un cas observable où il ne se produise des phénomènes de l'un ou de l'autre genre, qui modifient sensiblement l'objet observé et peuvent induire à mal juger, si l'on n'est au fait de ce qu'ils produisent et si l'on ne sait en apprécier la quantité. Un arpenteur mesure une base ou son côté : le froid a resserré la chaîne ; s'il ne tient compte de la moins-value de sa mesure, lorsqu'il aura calculé son

4° Des notions de cosmographie, de météorologie et de géographie physique;

5° Des notions sur les trois grands embranchements de l'histoire naturelle, sur leurs relations et leurs divisions premières, sur quelques genres, ou espèces de chaque règne; plus, un peu de géologie et d'histoire des fossiles;

6° Des notions sur les diverses branches du travail humain et sur les ramifications premières, ainsi que sur les procédés auxquels ont recours les travailleurs (1);

7° Des notions sur les moyens extérieurs qui facilitent ou perfectionnent les observations (les collections et instruments);

8° Enfin des notions sur les procédés divers

---

triangle, l'inexactitude de la base ou de son côté, multipliée comme il aura dû le faire, pourra produire une erreur grave.

(1) Comme exemple des moyens que peut fournir la connaissance des arts pour pénétrer la nature, Sennebier rappelle un fait piquant : « Réaumur savait que les cuirs dorés n'offrent que l'apparence de l'or, et que cette dorure est l'effet d'une plaque d'étain brunie et polie, sur laquelle on appliquait un vernis brun. Il imagina que la dorure des chrysalides pourrait être produite par un procédé semblable, et il le démontra en dorant une pièce d'argent par la seule application de la peau d'une chrysalide. Il conclut alors que la peau de la chrysalide remplaçait le vernis, et il vit qu'elle recouvrait une matière argentée semblable à celle qu'on trouve sous les écailles de certains poissons. »

dont use l'observateur, soit qne ces procédés appartiennent spécialement à l'observation, soit que l'homme s'en serve aussi hors de cette sphère, soit qu'ils aident à l'observation proprement dite, soit qu'ils constituent en grande partie l'activité d'autres facultés qui se mêlent à l'observation et tour à tour suivent, ou précèdent, ou compliquent les opérations.

De cette série de connaissances générales, les six premières masses de notions ont été données avec assez de détail dans les précédentes livraisons de notre Bibliothèque : le volume que nous offrons aujourd'hui est destiné à présenter un aperçu des dernières.

§ II.

Qualités ou conditions morales que doit avoir l'Observateur.

La première qualité morale d'un observateur, c'est, sinon le scepticisme (c'est-à-dire un doute qui s'étende à tout et qui reste, même après un mûr examen), du moins la *défiance des autres et de soi-même*. D'admirables observateurs (les Rhedi, les Swammerdamm, les Spallanzani, les Réaumur) ont publié des observations fautives : combien ne devons-nous pas nous défier de nos opérations ! Nous aurons donc d'abord à nous tenir en garde contre ces organes des sens, sujets à tant

d'erreurs (énumérées article IV), et à cet effet nous assurer d'abord du bon état de ces organes mêmes. Pour acquérir cette assurance, il faut les voir donner en temps divers les mêmes idées des mêmes objets; il faut voir le témoignage de l'un d'eux s'accorder avec celui d'un autre ou des autres, ou du moins ne pas le controverser; il faut enfin, les comparant avec celui que donnent les mêmes sens à nos semblables, ne trouver nulle différence importante entre les résultats produits de part et d'autre. La persévérance des impressions, et plus encore leur identité chez grand nombre de sujets, sont d'irréfragables motifs pour croire. Ensuite, il faut craindre de croire voir trop vite dans les objets ou dans les phénomènes ce qu'ils ne contiennent véritablement pas. Rien n'est si fréquent que ce genre d'erreurs. Un naturaliste, ayant trouvé dans les monts Euganéens quelques scories, s'imagina que c'étaient des produits de volcan (or, il n'y a dans ces parages pas la moindre trace volcanique). Mais Spallanzani vint, et parcourant attentivement les lieux, remarqua les restes d'une vieille forge où ces scories avaient été faites. Marsigli avait décidé que les coraux étaient des plantes marines, et pendant longtemps on ne vit plus dans la mer que des plantes marines : viennent Donati, Ellis, Peyssonnel, qui montrent que les coraux sont l'ouvrage et la demeure de divers polypes; soudain tout ce qui était plante devient animal.

et l'on voit des animaux dans les conferves, dans la matière verte de Priestley et dans diverses thalassiophytes ou plantes marines. Qui a trompé ici ? Ce n'est point l'observation même, c'est notre imagination trop prompte à prendre pour l'observation ce qui n'est point elle, ou à supposer donné par elle plus que réellement elle n'a donné.

Une autre règle analogue, c'est de ne point non plus partir des préjugés généralement admis et d'étendre sur eux l'esprit de défiance et d'incrédulité, que doivent nous inspirer parfois nos propres idées, nos propres désirs. Que de temps eût ainsi été gagné pour l'observation si l'on n'eût pas si longtemps été fidèle à ces vieilles phrases creuses, que *la nature a horreur du vide* (prétendue explication de l'ascension de l'eau dans les corps de pompe), et que la *putréfaction engendre les vers*(métaphore commode à prendre à la lettre et qui dispense d'observations microscopiques et multipliées ceux dont la paresse les redoute)! Enfin, quelque charmé qu'on puisse être et de quelques observations personnelles et des petites découvertes qu'on a faites, il sera bien de présumer qu'il reste toujours encore plus à trouver qu'on n'a trouvé, et que les procédés qu'on emploie peuvent encore être perfectionnés. Réaumur, dans ses *Mémoires sur les insectes*, avoue que lorsqu'il donna pour la première fois l'histoire des guêpes, trop occupé et trop satisfait de plusieurs faits singuliers

qu'il avait reconnus en étudiant ces lépidoptères, il ne porta point son attention sur leur double aiguillon, bien que les observations de quelques savants lui eussent frayé la voie : plus tard, du reste, il répara cette faute en détaillant les procédés à l'aide desquels il constata la réalité de cet organe. C'est aussi par des erreurs de ce genre que si souvent des observateurs superficiels en ichthyologie, en ornithologie, on pourrait dire dans toutes les branches de l'histoire naturelle, ont pris pour de nouvelles espèces tantôt de simples variétés ou sous-variétés, tantôt même des individus de variétés connues, mais dont les couleurs pour l'instant différaient des couleurs antérieurement observées; et l'on prenait pour caractère spécifique une modification secondaire provenant du sexe, ou de l'âge, et quelquefois d'un accident. Cuvier a détruit beaucoup de ces fausses espèces, qui grossissaient la nomenclature en pure perte. Si, quand Stahl, après de très belles observations, eut proclamé le phlogistique cause de la combustion, par son dégagement hors de la matière combustible, il eût pesé le combustible avant et ses résidus après la combustion, et eût ainsi trouvé que ce phénomène causait, non pas diminution, mais augmentation de poids, il eût conclu que le principe de la combustion, loin de se dégager, se combinait au contraire avec le corps brûlable; il eût conclu plus vrai, et son phlogistique, tout différemment compris, aurait été bien près d'être l'oxigène.

Enfin, un observateur digne de ce nom ne doit ni se livrer à un esprit d'hypothèses et de systèmes généraux pour expliquer les phénomènes particuliers, ni se prévenir pour les hypothèses en vogue ou des hommes illustres, ni craindre de heurter les préjugés des autres et de déplaire ou de manquer de modestie en en ruinant la base par ses observations, ni se laisser troubler la vue par la jalousie, par la haine, par l'amitié.

Après la défiance de soi-même, la qualité morale la plus nécessaire à l'observateur, c'est l'amour du vrai, d'où l'impartialité, la probité en quelque sorte dans les opérations. Trop souvent préoccupé du désir de faire triompher une idée, de prétendus observateurs glissent sur les faits qui les contrarient, exagèrent ou travestissent ceux qui sont en leur faveur. C'est ainsi que quelque temps on a vu les géologues partagés ridiculement en deux camps, les Plutoniens et les Neptuniens, ceux-ci apercevant partout des déluges, ceux-là expliquant tout par le feu central. D'autres, par piété, ont voulu trouver dans l'histoire du globe les preuves de la création telle que la raconte Moïse, et identifier les six jours à six époques. Long-temps après Copernic et Galilée, des hommes qui eussent pu rendre des services à la science ne s'occupèrent que de ramasser des observations contre le mouvement de la terre et des planètes autour du soleil. Jamais on ne fait faire ainsi beaucoup de progrès à la science, et souvent on la fait rétrograder, on la fausse, on l'encombre de prétendues notions qu'il faut ensuite effacer, et qui, rayées des livres, ne sont pas immédiatement

rayées de tous les cerveaux, et obstruent encore longtemps les avenues de la science.

Enfin, il faut à l'observateur du courage pour braver les dangers que présentent nombre d'expériences chimiques et en général tout ce que l'on essaie le premier ; il lui faut de la prudence pour n'y pas périr. Il fallait de la hardiesse et de la prudence au premier qui lança un cerf-volant vers la nue grosse de la foudre pour constater l'identité de ce terrible météore et du fluide électrique. Faute de courage, Spallanzani n'eût point sondé les cratères de l'Etna et de Vulcano ; faute de courage, Ant. de Stœrk n'eût point essayé sur lui-même, les poisons qu'il voulait offrir aux autres comme remède. Faute de prudence, Richmann fut foudroyé à St-Pétersbourg, dans son cabinet de physique, en touchant le conducteur du paratonnerre ; faute de prudence, ceux qui travaillent l'irritable *fulminate* d'argent donnent lieu à des explosions épouvantables dont ils sont victimes les premiers ; ceux qui travaillent ou volatilisent des matières à exhalaisons délétères tombent asphyxiés, s'ils n'usent d'un masque de verre ou s'ils ne multiplient les précautions. L'or fulminant coûta la vie à son inventeur. Dernièrement un étudiant à l'école de médecine, en disséquant un cadavre, s'apperçut, à une légère irritation qu'il avait à l'indicateur de la main droite, d'une petite excoriation qui provenait de ce qu'on appelle une *envie* ; il négligea de cautériser cette plaie, à peine visible : et trois jours après il succombait à une cruelle inflammation des veines du bras, bientôt suivie d'un empoisonnement général.

§ III.

Des qualités d'esprit nécessaires à l'observateur.

Nous ne demanderons pas à l'observateur, du génie. Le génie ne peut nuire, mais il n'est donné qu'à peu d'en avoir; et nous croyons fermement qu'il est possible de faire beaucoup d'excellentes observations avec de moins hautes et plus communes qualités intellectuelles.

1 — La première de ces qualités modestes sera l'*attention*, c'est-à-dire la faculté de concentrer son esprit sur l'effet ou l'objet observé, de manière à saisir toutes les circonstances qui se produisent et tous les détails de ces circonstances. L'esprit en s'éparpillant sur trop d'objets discerne mal ou ne discerne que la superficie. Voir et regarder sont choses diverses : on voit involontairement, beaucoup de choses à la fois, sans impression nette de chacune, sans connaissance fondamentale et avec peu de chance de se souvenir; lorsque l'on regarde, l'on a voulu et l'on veut regarder, on ne voit plus qu'un objet, qu'une face, qu'un point (un minimum), mais après cela on le sait bien, on le distingue, on le reconnaît, on se le rappelle, on pressent ses rapports, son importance, son rôle. Pour l'esprit de l'observateur c'est peu de voir, il faut regarder. Il regardera successivement chaque minimum spécial : au bout d'un temps, il en aura autant regardé qu'il en aurait vu simultanément par un coup-d'œil général; mais il connaîtra bien ce qu'il aura regardé, et il ne connaîtrait pas ce qu'il n'aurait que vu. Ce regard intellectuel, c'est l'attention.

2 — Vient ensuite l'*exactitude,* celle des qualités intellectuelles qui se lie le mieux à l'attention, et qui la prouve le plus victorieusement. C'est elle qui est véritablement la vertu scientifique. Car, nous l'avons dit, la science veut surtout apprécier la quotité des effets. Savoir qu'un fait est, beaucoup en sont là, et presque toujours une observation vulgaire, facile, l'aura montré ; mais savoir jusqu'à quel point il est, savoir sa durée, son intensité, sa puissance, son importance, coter sa valeur, voilà ce qui n'appartient qu'à la science. Il fait chaud, il fait froid, disait-on il y a deux cents ans : aujourd'hui l'on dit il y a 29° 7 centig. au-dessus, il y a 18° 2 au-dessous de zéro : voilà de la science ! Il a fallu que des savants passassent par là pour qu'on en vint à rendre vulgaires de semblables applications. Or, qu'est-ce que cette science ? c'est de l'exactitude et de la précision, rien de plus ; la précision est le résultat, l'exactitude est la qualité qui la donne. Un autre but de la science, c'est de pénétrer les causes des faits. Or, les causes ne se trahissent que par les circonstances des faits, peut-être encore plus que par les faits mêmes. Mais qui décrira ces circonstances, qui les accumulera, si ce n'est l'exactitude ? Indispensable à toutes les sciences d'observation, l'exactitude l'est plus encore à quelques-unes, et celles-là sont justement ou les plus importantes ou les plus hautes. En médecine, quel succès attendre d'une consultation si l'on ne décrit les symptômes, et souvent ceux qui semblent les plus légers, avec la dernière exactitude ? En astronomie, que faire si l'on ne mesure scrupuleusement et les secondes de temps avec

leurs fractions, et les secondes de degré. Et pour ne prendre qu'un exemple familier et vulgaire en astronomie, que de tâtonnements dans la fixation de l'année, depuis l'année lunaire des peuples grossiers et incultes! — D'abord l'année solaire, invariablement de 365 jours, négligeant près d'un quart de jour, ce qui semblait bien peu sans doute aux premiers observateurs (on en était au bout de trois siècles à éprouver une perturbation grave de toutes les saisons; au bout de 750 ans, on avait l'été en décembre, l'hiver en juillet; au bout de 1509 ans on avait compté un an de plus qu'il n'y avait eu de véritables révolutions solaires);—Ensuite l'année solaire julienne, où de 4 en 4 ans sans exception, s'intercalait le jour de surcroît qui rend bissextile la 4e année (on suppose ainsi la révolution solaire de 365 jours et 6 heures, ce qui réduit l'erreur à un 47e (1) de ce qu'elle était) ; — Enfin l'année solaire grégorienne où en 4 siècles l'on omet 3 bissextiles juliennes, ce qui diminue encore infiniment l'erreur, sans rendre encore l'exactitude parfaite, puisque même en supposant la révolution solaire de 365 jours 5 heures 48' 45", il faudrait supprimer les trois bissextiles en 384 ans, non en 400; mais ce qui suffit bien parfaitement, puisqu'il se passera plus de 10,000 ans avant qu'il y ait erreur d'un jour dans le calendrier ainsi réglé.

3 — Après ces deux qualités s'offre la *pénétra-*

---

(1) Ou à un 48e en sens contraire : l'année commune ou vague avait soustrait de l'année vraie, 5 heures 48 minutes 45 secondes; l'année Julienne, rétablissant ces 5 h. 48' 45", y ajoutait en sus, 11' 15", ce qui est le 48e de 6 h, ou le 47e de 5 h. 48' 45".

tion, ou sagacité. Par l'attention on joint des faits, des rapports que n'eussent point vus des yeux errants, et l'on suit ces faits, ces rapports dans leur développement ; on en signale les phases, les variations ; on examine quelles circonstances les accompagnent, les contrarient, les favorisent. La pénétration essaie d'aller au-delà du phénomène même, d'en connaître la cause, de saisir le jeu des agents, de trouver la raison des rapports. Quelle est la cause du mouvement qui se manifeste dans le nerf de la grenouille morte, quand un arc électrique met le nerf et un muscle en communication ? Galvani, qui a le premier trouvé le fait, cherche à le pénétrer, mais ne le pénètre point, et a recours à l'hypothèse d'un fluide particulier qu'il appelle électricité animale. Plus pénétrant, Volta soupçonne que l'électricité, déjà connue, peut engendrer ce phénomène inconnu et une série de phénomènes inconnus de même genre ; et faisant marcher de front les observations pures, et les essais d'application qui n'en sont que le résumé strict et la coordination, il arrive à trouver que tout contact de deux corps de nature dissemblable produit de l'électricité (le plus souvent en quantité minime), et il crée la pile, décompose les plus rebelles composés, et ouvre une ère nouvelle à la chimie.

Enfin il faut à l'observateur la promptitude d'esprit. Alerte, vif, toujours en éveil, qu'il ne se déconcerte jamais devant l'inattendu ; qu'en voyant les brins de paille et de papier sauter à l'ambre ou à la résine, il ne s'arrête pas là, mais qu'il essaie la même chose avec les autres corps. Une expérience

ne réussit pas? qu'il la varie. Le cuivre frotté n'attire pas comme le bâton de résine; qu'il lui donne un support de résine et soudain le phénomène se reproduit, et voilà tout un ordre nouveau de phénomènes qui va se déployer et donner naissance à la théorie de l'électricité. Un fait nouveau, divers de tout ce qu'on a vu, se présente? on le reproduit, on en pèse toutes les circonstances, et, peut-être, toute une branche de la science en jaillira elle-même. Quoi de plus imprévu que le phénomène de la bouteille de Leyde? bien examiné, il donne lieu à l'immense découverte de la possibilité, deux surfaces étant données, d'accumuler sur une surface une quantité d'électricité libre, de beaucoup supérieure à celle de l'autre, et de rétablir à volonté l'équilibre en faisant communiquer les deux surfaces, découverte qui se lie non-seulement aux batteries électriques, au paratonnerre, mais même à la pile de Volta. Enfin une explication se trouve-t-elle en défaut devant un fait, en examinant bien, soit le fait, soit l'explication, tantôt on conteste la loi (le fait avait été mal observé); tantôt on arrive à des explications nouvelles complètes, précises. Ainsi la loi de l'isomorphisme posée par Mitscherlitz se trouvait fausse pour les acides arseniques et phosphorique dont les combinaisons avec la soude, avec l'eau, ne cristallisaient pas sous les mêmes formes. Clarke a fini par découvrir que les sels en question réputés similaires ne le sont point, puis formant un nouveau phosphate de soude vraiment de composition similaire à l'arseniate, il obtint les mêmes cristaux de part et d'autre: la loi alors fut prouvée. En revanche, il arrivera que les faits inconciliables avec la théorie

sont vrais : alors il faut sans regret renoncer à celle-ci, c'est un premier pas vers la théorie réelle. C'est ainsi que l'eau ne pouvant monter dans les corps de pompe à plus de quarante-deux pieds, un judicieux observateur ruina la vieille hypothèse de l'horreur du vide; et c'est à force d'avoir suivi les évolutions des planètes que, trouvant de plus en plus des circonstances qui contrecarraient l'hypothèse de la centralité de la terre et qui forçaient à multiplier les épicycles, Kepler en vint à poser les vrais principes, et que Newton en déduisit le système du monde. Ce qui semble une exception est quelquefois la règle ou une haute application de la règle, tandis que ce qu'on a vu auparavant était exception ou application très-inférieure. Enfin on doit toujours se tenir prêt à profiter de ce que fournit le hasard. Dippel jette sur le pavé de la cour les composans du bleu de Prusse; et il découvre cette combinaison précieuse. Le fond du piston de la machine à simple effet se trouve percé, et le piston n'en descend que plus vite; un ingénieux observateur dont il est fâcheux qu'on ne sache pas le nom, remarque et cette plus grande vélocité de la descente et la perforation; et il imagine de cribler de trous la base du piston comme un arrosoir. Ce perfectionnement, aussi ingénieux que simple, est un des détails les plus utiles de la machine à vapeur, et il se retrouve aujourd'hui dans toutes.

ARTICLE VI.

DES INSTRUMENTS.

§ I.

Des Instruments en général.

Quelque perfection que puissent avoir ou acquérir

nos organes des sens, ils ont pourtant d'étroites limites. D'une part notre œil ne saurait voir distinctement de très-petites portions des corps, ni voir à de très-fortes distances, de l'autre, il est impossible, à l'aide, soit des yeux, soit des autres organes seuls, de mesurer minutieusement la quotité. Comment juger à la vue simple si une distance est de 20 mètres ou 21 mètres ou de 20 mètres 539 millimètres? Comment décider qu'un angle est de 40 degrés 25 minutes 13 secondes? Comment apprécier la température et dire tel jour qu'il y a 22 ° 7 au-dessus, tel autre jour qu'il y a 9 ° au-dessous de zéro? Tout le monde sent qu'un tel langage n'est possible que le thermomètre à la main ou du moins après qu'on s'est familiarisé par un long usage avec le thermomètre au point de s'en passer (pure exception, qui, si elle existe, ne change rien à ce que nous disons).

Ainsi, voilà deux classes d'*instrumens*, les uns *qui ajoutent au pouvoir* de nos organes et leur donnent moyen d'atteindre ce que la petitesse ou l'éloignement leur déroberait sans eux (tels sont surtout le microscope et le télescope), les autres sont les *instrumens de précision* parmi lesquels ceux à mesurer les angles, puis le thermomètre et le baromètre et beaucoup d'autres que nous mentionnerons. On peut réunir plusieurs de ces instrumens et en composer un appareil.

Enfin il est aussi des instrumens à l'aide desquels tantôt on opère plus aisément, tantôt on rend plus sensibles certains effets. Toutes les machines en ce genre sont des instrumens. N'ayant ici à parler que de l'observation, nous ne considérerons que

les machines scientifiques, c'est-à-dire, celles qui figurent dans les cabinets de physique, de chimie, etc. Nous nous étendrons bien moins sur elles que sur une demi-douzaine d'instrumens principaux.

Effectivement, il est une demi-douzaine d'instrumens dont l'emploi revient bien plus fréquemment que celui des autres; et sous ce point de vue on peut dire qu'ils sont d'un usage général et perpétuel, tandis que les autres ne paraissent que de loin en loin et souvent pour un seul effet, pour un seul théorème.

§ II.

Du Miscroscope et du Télescope.

(1) Loupes et Microscopes.

Le microscope sert principalement en histoire naturelle ; il a découvert à l'homme comme un monde nouveau; par lui des parcelles qui semblent impalpables, indécomposables, nous laissent apercevoir des milliers de parties distinctes, souvent diverses. Une goute de vinaigre contient des myriades d'animalcules. On a compté dans le hanneton, dont le corps n'a qu'à peine 30 millimètres de longueur, 306 pièces dures qui servent d'enveloppe, 494 muscles pour les mouvoir, 24 paires de nerfs pour les animer, toutes divisées en des filets innombrables, 48 paires de trachées, non moins divisées pour porter la vie et l'air dans ce réseau. La structure intime du fruit, de la graine, des divers rapports qui lient les parties de la fleur, en un mot ce qu'il y a de plus délié dans le tissu des corps organiques a comme changé la face de la botanique et de la zoologie en en décuplant les richesses. Ces résultats des

observations microscopiques qui à elles seules constituent une des séries les plus belles des travaux humains, unies à ceux qui ont fondé la chimie atomistique nous ont fait comprendre toute l'immensité de la puissance de la nature, prodigieuse de ténuité comme de grandeur et qui offre à nos regards, ici le soleil 1 400 000 fois aussi volumineux que la terre, là des millions de molécules distinctes dans un millimètre cube. En général pourtant il est encore trop de personnes qui n'ont pas la moindre idée de tout ce qu'il y a dans le monde d'intéressant, de curieux et d'utile à examiner et qui après avoir soumis sept ou huit petits objets à leur microscope, le laissent là comme un hochet sans usage. Il n'est pas d'erreur plus grave; et si moins de personnes en étaient atteintes, si tant d'oisifs se disaient que dans un insecte, dans une feuille, il y a un monde de découvertes à faire, la science aurait une foule d'observations qu'elle n'a point encore. Si pendant la longue lutte de la France contre l'Angleterre, quand les hostilités maritimes empêchaient les cabinets zoologiques et phytographiques de s'enrichir d'espèces nouvelles, l'histoire naturelle a tant fait de progrès, c'est au microscope qu'elle le doit. Ne pouvant avoir d'objets nouveaux, elle se mit à scruter, à décrire plus minutieusement ceux dont elle était en possession; et cet élan une fois donné s'est maintenu, même depuis que les mers se sont rouvertes et que le nombre des espèces connues est octuplé.

On examine au microscope non-seulement les corps minimes, mais les pores ou vides et les mouvements infiniment petits.

Les microscopes sont en général simples ou composés. Les premiers ne consistent que dans une seule lentille très-convexe, et cette forte convexité est la seule différence fondamentale qui les distingue des loupes ou plutôt qui les classe à part parmi les loupes. Les microscopes composés sont formés par la combinaison tantôt d'un verre objectif de foyer très court (1) et d'un oculaire de foyer plus long, tantôt d'un verre objectif et de plusieurs oculaires. La construction du reste en varie beaucoup, même celle du microscope simple, non-seulement pour les longueurs de foyer, mais encore pour le mécanisme et l'ajustage des pièces.

Chacun des deux genres de microscope a des avantages qui lui sont propres : le microscope composé nous découvre dans l'objet un plus grand nombre de parties également grossies en même tems, ce qui nous met à même de les comparer plus facilement ; les images données par le microscope simple se recommandent par la netteté, la distinction.

Pour multiplier et graduer à son gré les obserservations, il faut donc avoir de l'un et de l'autre genre de microscopes. Ce n'est pas tout ; de chaque genre, et principalement en fait de microscopes simples, il faut avoir une suite de lentilles de différentes forces. En effet, lorsque l'on com-

(1) L'oculaire est le verre auquel on applique l'œil ; l'objectif celui qui est tourné vers l'objet ; le foyer est le rayon de la convexité ou rayon avec lequel on tracerait la circonférence, dont la convexité est un arc ; moindre est ce rayon, plus est marquée la convexité, et aussi, moindre est ce rayon, plus l'objet est grossi.

mence l'observation d'un petit objet, la lentille à foyer plus long, et dont le champ par conséquent est plus vaste, laisse mieux apercevoir l'ensemble et la situation respective des parties ; les lentilles à foyer plus court, et qui, grossissant davantage, rétrécissent le champ de vision, font ensuite apercevoir la configuration ou la nature de chaque partie examinée isolément et distinguer des détails dans les détails ; on peut ainsi pousser l'observation minutieuse au dernier degré, sans perdre un moment. La marche qu'on suit alors n'est pas du simple au composé, mais du composé au simple.

Mais comment avoir à sa disposition tant de lentilles. D'abord nous ne disons pas qu'il en faille des centaines. Puis, à toute force on le pourrait. Et enfin, on peut, en quelque sorte sans bourse délier et sans peine, s'en procurer d'excellents qui grossiront tant que l'on voudra. Qu'à la flamme d'une bougie on fonde de très petits fragments de verre, il s'en formera de petits globules dont les plus transparents et les mieux arrondis, si on les applique entre deux minces plaques de cuivre percées d'un trou moindre que le diamètre du globule fourniront des microscopes d'une force prodigieuse. Hartzœker et Leeuwenhoek, si célèbres par leurs observations microscopiques, ont dû beaucoup de leurs découvertes à ces microscopes improvisés. On a fait mieux : une simple goutte d'eau qu'on place dans un petit trou pratiqué dans une petite plaque de cuivre peut, après s'y être arrondie, tenir lieu de verre. C'est même un des meilleurs moyens qu'on puisse mettre en œuvre pour ob-

server les imperceptibles animalcules qui remplissent certaines liqueurs; car si l'on applique au trou de la plaque une goutte qui contienne de ces animalcules, non seulement il y aura grossissement mais le grossissement sera trois fois et demi plus fort en diamètre que si on les mettait au foyer des globules dont il vient d'être parlé, lesquels pourtant grossissent beaucoup eux-mêmes. Il n'y a qu'un inconvénient à craindre, c'est que la goutte ne contienne trop d'animaux pour que l'observateur les puisse voir sans confusion; mais on y remédie facilement en étendant d'eau pure le liquide, ce qui sépare davantage les animaux et par cela même les rend plus distincts.

Il est clair que pour varier ainsi l'usage de ces microscopes, il est bon de connaître préalablement leur force, c'est-à-dire combien de fois ils grossissent; c'est ce que la théorie peut enseigner; et c'est ce que sans théorie on peut apprendre facilement par l'expérience.

Qu'on place l'objet au vrai foyer, ce qu'on reconnaît à la parfaite netteté avec laquelle il se termine; qu'on mesure au compas la distance du centre du verre à l'objet et qu'on l'applique à un vernier qui donne les millimètres et 10es de millimètres; qu'on calcule combien de fois cette distance est contenue dans 22 centimètres, portée ordinaire de notre vue, le chiffre trouvé exprimera l'agrandissement linéaire. Ainsi, par exemple, le centre du verre est à 55 centièmes de millimètres de l'objet placé au foyer : comme en comparant $0^m\ 22$ et $0^m\ 00055$, on trouve que le premier nombre

contient exactement 400 fois le 2e, on en conclut que toute ligne droite vue à cette lentille, est vue 400 fois aussi longue qu'elle l'est réellement. Du grossissement linéaire on peut conclure celui des surfaces, celui des volumes : il ne faut que carrer et cuber le grossissement linéaire; dans l'exemple ci-dessus, par exemple, la surface est grossie 160,000 fois, puisque $400^2 = 160,000$; et le volume l'est 64,000,000 de fois, car $400^3 = 4^3 \times 100^3 = 64,000,000$. Du reste quand on range ses microscopes suivant leur force, on ne parle que des grossissements linéaires.

S'il arrive qu'il faille tourner du côté de l'œil la face obscure d'un objet, ce qui produit une ombre si grande, qu'on ne l'aperçoit que dans l'obscurité et sans presque rien distinguer, pour vaincre cette difficulté insurmontable autrefois, on peut se servir du microscope de Lieberkuhn, ou microscope des objets opaques, lequel, au moyen d'un miroir concave d'argent extrêmement poli, au centre duquel on place la lentille, réfléchit sur l'objet une lumière si directe et si forte, qu'on peut l'examiner avec autant de facilité que de plaisir. On emploie des miroirs concaves de cette espèce et de différentes profondeurs calculées pour quatre lentilles de forces différentes.

C'est encore Lieberkuhn qui a inventé le *microscope solaire*, perfectionné ensuite par Cuff et Adam. Cet instrument formé d'un tuyau, d'un miroir, d'une lentille convexe et du microscope simple, et où le porte-objet au lieu d'être peint, comme dans les lanternes magiques, n'est qu'un petit mor-

ceau de verre blanc, s'emploie dans une chambre obscure, et l'image des objets est projetée sur un écran. Plus l'obscurité est profonde, plus la vision est parfaite. Il est de tous le plus commode et le plus capable de mener à des découvertes : 1° il grossit infiniment plus que tous les autres; 2° il ne fatigue aucunement la vue; 3° plusieurs personnes peuvent observer en même temps, s'entretenir de l'objet et contrôler ainsi les unes par les autres leurs manières de voir, tandis qu'avec les autres, chacun regarde successivement par un trou et que souvent le jour a changé pendant que l'on se succède; 4° sans savoir dessiner on peut prendre une figure exacte de l'objet qu'on veut avoir (on la prendra plus commodément en copiant derrière l'écran sur une feuille attachée à un chassis, qu'en copiant par devant.)

Toutefois, bien que nous donnions comme un avantage sa supériorité de grossissement, qu'on ne croie pas cet avantage le premier de tous en fait d'observations microscopiques. Ce qu'il faut par-dessus tout c'est la distinction. Leeuwenhoek qui possédait et qui avait employé des lentilles de toutes les espèces, recommandait les verres qui, grossissant modérément, représentent l'objet avec le plus de netteté, et disait qu'il leur devait ses plus belles découvertes. Dans le microscope solaire, plus on recule l'écran, plus l'objet s'agrandit, de sorte que l'image d'une face par exemple a quelquefois un mètre, mais elle est bien autrement distincte en ne lui donnant que le tiers ou le quart de ce grossissement.

(2) **Télescopes et Micromètres.**

Le télescope, non seulement montre les objets distants comme s'ils étaient très rapprochés, et par conséquent les grossit ; il permet aussi de voir de jour les corps célestes que l'on ne voit que de nuit. Tout télescope se compose essentiellement de deux parties, l'une à l'aide de laquelle on engendre les images des objets éloignés, l'autre qui grossit les images de la même manière que celle du microscope grossit les corps réels. Celle-ci, qui n'est autre chose qu'une petite loupe, se nomme oculaire, et l'autre verre est l'objectif : ce sont les mêmes noms on le voit que dans le microscope composé ; leur sens, celui du moins du second mot n'est plus le même.

L'objectif peut engendrer l'image soit par réflexion, soit par réfraction ; de là deux classes de télescopes, les *télescopes réfringens* ou *télescopes dioptriques*, les *télescopes à réflexion* ou *reflectors* des Anglais ou *télescopes catoptriques*. Les réfringens ordinaires ou lunettes sont les plus anciens de tous.

On distingue parmi ceux-ci le *télescope de Galilée* où l'oculaire et l'objectif étaient concaves ; le *télescope batavique* composé d'un objectif convexe et d'un oculaire concave, et même l'*ancien télescope astronomique* où l'un et l'autre verre étaient convexes ; enfin celui *à quatre verres convexes*. Chacun avait son utilité ; et s'il arrivait qu'on fût réduit à se servir de ceux qui ne se construisent plus, on pourrait encore en tirer parti. Le bata-

vique était fort bon pour les petites distances. Le télescope à quatre verres convexes est très propre à observer dans leur situation naturelle les objets terrestres très éloignés. L'astronomique, ainsi que l'indique son nom, servait et sert encore tous les jours pour les observations célestes, quand il faut lire sur un limbe gradué. Huyghens en avait imaginé un autre dit *télescope aérien*, dont le propre est de supprimer le tuyau qui supporte les deux verres ; et c'est avec cet instrument que ce grand mathématicien fit beaucoup de ses découvertes.

Les télescopes dioptriques avaient cet avantage que, l'observateur devant se placer au-delà du point où les rayons qui forment l'image se sont croisés (c'est-à-dire plus loin de la lentille objective que l'image), sa tête, son corps ne peuvent nuire à la formation et à l'éclat de l'image (comme dans le télescope à réflexion). Mais pendant longtemps il fallut donner au tube du télescope d'effrayantes longueurs pour n'avoir que de médiocres grossîssements. Dans la table de Huyghens un télescope de 100 pieds ne grossit que 166 fois linéairement. Une lunette d'Auzout, malgré la gigantesque longueur focale de 300 pieds ne grossissait que 600 fois. Et quoique ensuite on ait trouvé des moyens de diminuer beaucoup la longueur des tubes, tout en augmentant le grossissement, cet inconvénient n'a jamais été suffisamment atténué ; d'autre part, l'inégale réfrangibilité des rayons empêche (au moins tant que l'objectif n'est formé que d'une seule substance) que les rayons se réunissent parfaitement blancs au foyer, et il s'y trouve toujours un limbe

irisé quelle que soit la courbe dont dérive la forme de la lentille (circonférence de cercle, ou hyperbole, ou parabole).

Dans les télescopes à réflexion où la lentille est substituée au miroir, et parmi lesquels nous nommerons le *télescope newtonien*, celui de tous qui longtemps a été le plus en usage, les rayons ne subissant point de réfraction, ils arrivent non colorés au point où se forme l'image, et il n'est aucun besoin de tubes si longs que dans les télescopes réfringens. Hadley, un des premiers qui en fabriqua, en avait dès 1718 un de cinq pieds avec lequel on distinguait Jupiter et Saturne comme avec un télescope dioptrique de 120. Mais, comme l'astronome, en s'approchant pour examiner l'image située alors entre l'objet et le miroir réfléchissant, intercepterait beaucoup des rayons lumineux qui doivent donner à cette image une grande intensité, il a fallu porter ces images à l'aide d'une seconde réflexion (par conséquent d'un second miroir dit *petit miroir*), hors du tuyau qui contient et maintient le miroir principal. Or ce petit miroir lui-même, par le fait de sa position, forme une sorte d'écran qui empêche la totalité de la surface du grand de contribuer à la formation de l'image ; puis, comme partie de la lumière incidente se perd sur le grand miroir, partie aussi de la partie restante se perd sur le second (par exemple si le grand miroir ne réfléchit que moitié de la lumière incidente, le petit ne réfléchira que moitié de la moitié ou le quart.)

Herschell, dont les découvertes capitales en astronomie tiennent en grande partie aux nombreux

perfectionnements qu'il apporta dans la construction des télescopes, supprima cette double cause d'affaiblissement en supprimant le petit miroir; il centra le grand miroir un peu plus obliquement sur le tube (1). Par cette légère obliquité les images se forment, non plus dans l'axe du tuyau, mais près de sa circonférence ou si l'on veut de sa bouche extérieure, et là, rien de plus facile que de les observer directement à l'aide d'un oculaire. Si la tête de l'astronome empiète alors sur le tube et forme écran, de manière à intercepter quelques rayons incidents, cette perte est peu, comparativement à celle qui se faisait auparavant, et comme la place occupée par la tête est constante, plus le diamètre du tube augmente, plus la perte devient insignifiante. Ces télescopes se nomment *front-view* (ou télescopes à vue de face). On comprend combien ils doivent aider l'observation puisque à dimension et à grossissement égal on voyait l'objet deux, trois et même quatre fois autant éclairé qu'avec l'ancienne construction. Du reste, Herschell en augmentant ainsi le degré d'illumination ne se borna point à cette amélioration : toutes les parties de la construction des réflecteurs occupèrent son attention; il trouva des procédés de polissage, il varia les courbures soit sphériques, soit paraboliques de ses miroirs; il imagina un mécanisme pour installer et

(1) En réalité, l'idée qu'Herschell réalisa en 1784, avait été saisie dès 1732, par Jacques Lemaire, et il l'avait exécutée, mais sans grand succès, parce que ne l'ayant appliqué qu'à des télescopes de dimensions médiocres, il faisait tomber l'image hors du tuyau, ce qui la déformait trop.

maintenir ses instruments; enfin il en fit (1785-89) un dont le tube (dimension sans égale pour un reflecteur) avait de long 12 mètres, et de diamètre 1m 47. Dès 1782, il avait obtenu des grossissements linéaires de 1200, de 2200, de 2600 fois, et même en certaines occasions de 6000 fois (en surface c'eût été 36 000 000, et en volume 216 000 000 000 de fois.)

Mais, ainsi qu'on vient de le dire, les *front view* (ou télescopes d'Herschell(, excellents s'ils sont de fortes dimensions, seraient médiocres ou mauvais si l'on ne voulait qu'un instrument de dimension médiocre. Et d'autre part, celui de Newton offrait aussi de grands inconvéniens, ainsi que tous les anciens réfracteurs. Un célèbre opticien, Dollond, trouva le moyen de se soustraire aux inconvéniens signalés. Revenant au réfracteur, il évita cette dispersion des rayons résultat de la réfraction, en formant sa lentille de deux substances inégalement réfringentes (le flint-glass et le crown-glass), de telle sorte que l'action dispersive inégale établit compensation. Le crown-glass ou verre ordinaire est à l'extérieur et du côté de l'objet à observer, on lui donne la forme convexe; le flint-glass, ou verre mêlé de beaucoup d'oxide de plomb, est à l'intérieur, c'est-à-dire plus voisin de l'œil de l'observateur, et consiste en une lentille bi-convexe, c'est-à-dire convexe des deux côtés.

Il y aurait beaucoup de conseils à donner, mais nous excéderions bientôt nos bornes si nous voulions indiquer comment s'y prendre pour tirer le meilleur parti des verres et des lunettes. L'expé-

rience, du reste, fera connaître encore plus sur ce sujet que nous n'en pourrions dire utilement. C'est l'expérience qui apprendra comment régler les ouvertures et les oculaires, car plus l'objectif sera parfait, plus l'oculaire pourra être fort sans nuire à la clarté. Il y a des momens où l'observation se fera mieux avec des oculaires plus faibles,—les jours, par exemple, où l'oculaire plus fort, en grossissant beaucoup l'image, l'obscurcit trop pour que l'œil, moins sensible le jour que la nuit aux impressions d'une lumière faible, distingue nettement, — ou bien lorsqu'il s'agira d'observer des comètes dont généralement on cherche moins à se procurer des images exactement terminées qu'à rassembler sur elles une grande lumière. Il sera parlé plus bas des précautions à prendre, soit pour bien assujétir la lunette, soit afin de ne pas se gâter la vue (art. VIII § 2, etc.); autre genre de soins tout différent, mais non moins essentiel.

On peut être curieux de savoir quel est le plus petit espace qu'on discernerait dans la Lune (le corps céleste le plus voisin de nous), avec un télescope d'une force donnée. Voici comment on en viendrait à bout. Qu'on cherche d'abord quel est le diamètre du plus petit espace visible à l'œil nu dans la Lune ; puis que cet espace devienne une fraction dont le dénominateur sera la force grossissante du télescope. En effet, autant de fois la puissance de vision télescopique égale celle de la vision à l'œil nu, autant avec le télescope on apercevra dans une longueur qui était notre minimum de visibilité, de petites longueurs distinctes dont l'apparente dimen-

sion sera celle de la primitive longueur apparente. Ainsi, par exemple, — notre télescope grossit 100 fois, — le diamètre de l'espace visible à l'œil nu dans la Lune pour la plupart des hommes sous-tend un angle d'une minute,—et, la distance de la Lune à la Terre étant d'environ 60 rayons terrestres, une minute de la Lune équivaut à 60' ou 1° de la Terre, c'est-à-dire à 111,111 mètres; — donc, presque tous les hommes à l'œil nu distinguent dans la Lune une surface qui a 111,111 mètres de diamètre:—aidant leur œil du télescope qui grossit 100 fois, les mêmes observateurs y distingueront la surface qui a un diamètre 100 fois moindre, ou un 10,000e de la surface précédente, en d'autres termes un diamètre de 1111 mètres, ou de moins d'un kilomètre et un 8e.

On a vu tome 1er de l'Uranographie la construction et l'usage du micromètre et principalement de celui qui consiste en cinq fils verticaux équidistants, croisés par un fil horizontal. Nous ne répéterons point ici ce qu'on peut y lire; seulement nous ajouterons que ce simple et ingénieux appareil a rendu aux sciences d'observation, mais principalement à l'astronomie, des services incalculables.

§ III.

Des principaux Instruments de précision.

(1) Des Pendules et Chronomètres.

Le temps est un élément essentiel des observations astronomiques, 1° comme mesure des mouvements angulaires (chaque astre fixe semble par-

courir en 24 heures sidérales une circonférence, en 1 heure sidérale 15 degrés, en 4 minutes sidérales 1 dégré, en 1 minute sidérale 15 minutes de degré, en 4 secondes sidérales de temps, 1 minute de degré; en 1 seconde sidérale de temps, un quart de minute ou 15 secondes de degré); 2° comme élément fondamental (ou pour employer le langage des géomètres, comme variable indépendante) dans toutes les théories dynamiques, c'est-à-dire dans les théories où il est question de mesurer des mouvements et des vitesses.

Les anciens ne supputaient le temps que très imparfaitement à l'aide de deux sortes d'instruments, les sabliers et les clepsydres : ce ne sont plus aujourd'hui que des objets de curiosité, bien que l'on emploie parfois la clepsydre à mercure pour mesurer de très petites portions de temps.

La pendule et la montre à balancier, dite chronomètre ou garde-temps, ont complètement détrôné depuis longtemps ces moyens surannés. La perfection des instruments modernes est telle aujourd'hui, qu'une irrégularité d'une seconde par 24 heures, c'est-à-dire d'un 86 400ᵉ, ne serait pas supportée. Lors donc qu'on procède à des observations qui n'exigent qu'un intervalle de moins d'un jour, on peut se fier complètement au chronomètre, puisque l'inexactitude, s'il y en a, ne va au plus qu'à quelques 10ᵉˢ de seconde. Pour un intervalle un peu plus long, il y aurait chance de se tromper si l'on s'en rapportait uniquement au chronomètre ; mais on le contrôle par des phénomènes naturels, qu'on sait devoir se reproduire chaque jour à intervalles égaux.

Par exemple, on sait que toute étoile revient à sa culmination supérieure au bout de 24 heures sidérales exactes (23 heures 56' 4" 09 ordinaires). Donc il faut que le chronomètre, lorsque la culmination supérieure revient au bout d'un jour, marque 3' 55" 91 de moins que le jour d'auparavant, au bout de deux jours 7' 51" 82 de moins que l'avant-veille (et s'il était en arrière d'une quantité moindre que 3' 55" 91 le premier jour, que 7' 51" 82 le second, etc,, c'est qu'il avancerait; il retarderait s'il y avait, entre l'heure du premier jour et celle qu'il marque, une différence plus forte).

Du reste, on emploie souvent pour plus de commodité les pendules sidérales, lesquelles sont réglées de façon à ce que l'aiguille parcoure la circonférence entière en 24 heures sidérales. Cette espèce de pendule est un des meubles indispensables de tout observatoire. Il est toujours facile, au reste, de réduire les temps ordinaires en temps sidéraux, et réciproquement; et il existe des tables toutes faites pour épargner les calculs à cet effet.

Quoique les chronomètres soient chers encore, comparativement pourtant aux services qu'ils rendent à l'astronomie, à la navigation et aux sciences, et eu égard à la perfection à laquelle on les a portés, on peut en trouver le prix modéré. Un prince jadis n'eût point fait fabriquer avec plusieurs centaines de mille francs les garde-temps accessibles aujourd'hui à un particulier médiocrement riche.

(2) Instruments à Mesurer les Angles.

Le principe des instruments à mesurer les angles

est le cercle ou limbe circulaire gradué divisé en un nombre d'arcs égaux, lesquels équivalent chacun à un degré, ou à une minute, ou à une seconde.

On comprend que le limbe circulaire est préférable au cercle, car il est moins lourd et plus maniable, considération de la plus haute importance, à mesure que le rayon du cercle augmente, comme il le faut nécessairement pour les instruments de prix.

Il est clair qu'un cercle où sont marqués seulement les degrés, porte 360 divisions. Celui qui indique les minutes en a 360×60, ou 21 600. Enfin celui qui présenterait toutes les secondes, en offrirait $360 \times 6 \times 060$, ou 1 296 000.

Si l'on pense à la prodigieuse multitude de divisions qu'il y aurait ainsi à tracer sur le limbe, si l'on se rappelle que sur un cercle qui a 1 mètre de rayon, ou 2 mètres de diamètre, un arc qui est le 1296000ᵉ de sa circonférence est moins d'un 200ᵉ de millimètre, si l'on se figure que pour apercevoir distinctement un pareil espace, il faut un puissant microscope, on appréciera combien il est difficile et dispendieux de construire de pareils instruments.

La mesure des arcs de 5 en 5 minutes, ou de 10 en 10 minutes, est parfaitement suffisante pour la plupart des opérations terrestres, telles, par exemple, que les opérations d'arpentage. Il faut déjà plus de délicatesse et de précision pour les opérations cadastrales et géodésiques. Mais en astronomie une minute de degré est une quantité considérable, et le moindre arc auquel il faille absolument avoir égard est celui de 5 secondes.

Au lieu de circonférence complète, souvent on peut se contenter de demi-circonférence (comme

dans le *rapporteur* et le *graphomètre*) ou de quart de circonférence (comme dans le *quadrant*), ou enfin de sixième de circonférence (comme dans le *sextant*). Ces deux derniers instruments surtout sont très-commodes; et par la facilité qu'on a de les transporter, ils rendent des services inappréciables.

Ajoutons qu'en astronomie et en géodésie il n'est plus rare aujourd'hui d'employer, au lieu de la division nonagésimale et sexagésimale du cercle, la division centésimale. Dans ce système le cercle a 400°, le degré 100', la minute 100"; donc le cercle 40 000' et 4 000 000", le quadrant 10 000' et 1 000 000". Il existe aussi des tables faites pour convertir les arcs de l'un quelconque des deux systèmees en arcs de l'autre.

C'est aussi le cas de dire qu'il existe pour le temps comme pour le cercle une division centésimale ou décimale. Le jour (au lieu de 24 heures) en a 10, l'heure est de 100', et dans la minute sont contenues 100"; donc dans le jour 1 000' ou 100 000"; donc aussi, en comparant les minutes et secondes de temps aux minutes et secondes de circonférence, l'élément-temps correspond à 10 éléments-espace homonymes, l'élément-espace correspond à un 10e de l'élément-temps. En deux minutes par exemple, une étoile fixe parcourra 20 minutes, et pour parcourir 45 secondes il faudra le 10e de 45 secondes ou 4 secondes et demie.

§ IV.

Des Instruments astronomiques composés de Lunettes et de Cercles ou portions de Cercles-gradués.

Les cercles ou portions de cercles gradués, qui

doivent servir ailleurs que sur le papier pour mesurer ou pour tracer des angles, doivent ordinairement être portés sur des pieds ou assujéttis. Tels sont pour les angles terrestres le graphomètre, le théodolite, et le cercle répétiteur, et pour l'astronomie l'instrument des azimuths et des hauteurs, et le cercle mural.

Le *graphomètre* est un limbe de demi-circonférence de cercle porté sur un pied à branches, et dont le diamètre sous-tendant porte à son milieu une alidade ou règle mobile et un fil à plomb. A-t-on à mesurer l'angle que paraissent tracer sur le terrain deux lignes fictives allant du point où l'on est à deux objets distincts, non en ligne droite avec ce point; d'une part, à l'aide du fil à plomb qu'on laisse tomber, on détermine bien nettement le point sommet de l'angle à mesurer ; de l'autre (et le diamètre et l'alidade étant garnis de deux pinnules), on fait bien coïncider le diamètre avec la première des lignes fictives (en se plaçant de façon à ce que les deux pinnules effacent le premier objet pour l'œil qui mire), puis on meut sur le diamètre l'alidade jusqu'à ce que, les pinnules de celle-ci effaçant le second objet, on en conclue que celle-ci coïncide avec la seconde ligne fictive. L'angle que forment alors le diamètre et l'alidade est l'angle cherché; il ne s'agit plus que de lire sur le limbe gradué combien cet angle contient de degrés (N. B. Le diamètre portant d'un côté 0, de l'autre 180°, si l'on a tourné plus près de l'objet visé, l'extrémité 0, le chiffre qu'offre alors le limbe sera la mesure de l'arc; au cas contraire, l'arc serait de 180° moins le chiffre accusé par le limbe).

Le *théodolite* n'est (si nous négligeons quelques artifices particuliers de sa construction et la boussole qui en fait partie) qu'un double graphomètre ou graphomètre dont le limbe vaut circonférence entière et porte 360°.

L'instrument des azimuths et des hauteurs (dit aussi *instrument parallactique* ou *équatorial*, quand on en varie la position), se compose de deux cercles métalliques pourvus chacun d'un axe, dont l'un, mobile, est traversé par l'axe de l'autre, et forme avec lui angle droit. Nommons AB le premier cercle : il est clair que c'est l'axe d'AB qui tourne, sans qu'AB une fois placé bouge aucunement. De plus, AB, en tournant, fait tourner avec lui le second axe ou axe du second cercle, que nous appellerons CD ; et dès lors CD pouvant décrire une révolution complète autour de l'axe d'AB, prendra toutes sortes de positions, lesquelles feront les unes avec les autres des angles de toute grandeur. Enfin, on doit voir aussi que, dans toutes ces positions, CD sera perpendiculaire à AB; car dans toutes ces positions il sera compris dans le même plan que l'axe d'AB, perpendiculaire certes au cercle AB. Ceci posé, on peut donner au cercle AB toutes les positions imaginables ; mais il y en a deux de souverainement intéressantes et utiles. 1° Qu'il soit placé horizontalement, dès lors son axe sera vertical, le cercle CD sera dans un plan vertical, et ce plan vertical de CD comprendra un des verticaux qui passent par nous, observateur, par notre zénith et par notre nadir ; puis CD tournant, sera dans un second plan vertical formant angle avec le premier, de là, CD

continuant sa révolution, arrivera dans un troisième vertical, dans un quatrième, dans un cinquième, etc., etc., et de chacun on pourra dire ce qui a été dit des deux premiers : donc, si, le cercle CD étant armé d'un télescope, on regarde une étoile quelconque à travers cet instrument, la direction du télescope aboutira avec une des divisions du limbe de CD, et CD lui-même posé verticalement, répondra à un rayon, à une division du limbe d'AB ; mais les divisions d'AB et de CD ayant un point de départ, un zéro, qui pour CD est la division qui continue le rayon parallèle à l'horizon, et qui, pour AB, peut varier, dès lors on voit que l'arc lu sur CD est la hauteur, et que l'arc lu sur AB donne l'azimuth. 2° AB au lieu d'être horizontal peut être incliné comme l'équateur à l'horizon ; son axe alors est parallèle à l'axe terrestre, et, prolongé, irait frapper le pôle visible ; le cercle CD est vertical, mais la ligne qui aboutit à la division 0 est parallèle au cercle AB et ne l'est plus à l'horizon ; donc faisant tourner convenablement CD autour de l'axe d'AB, on voit au travers du télescope (fixé sur CD) un corps céleste ; on lira sur le limbe de CD l'arc compris entre l'équateur et ce corps ou la déclinaison, et le rayon d'AB, dans lequel sera compris le plan de CD donnera l'ascension droite ou angle horaire du corps examiné.

Le *cercle mural* n'est autre chose qu'un limbe gradué, fermement supporté dans le plan du méridien par un axe horizontal très-fort qui traverse son centre, et qui repose sur un pilier ou un mur en pierres ; on l'assujétit à l'aide de vis avec lesquelles

on peut l'ajuster dans des directions horizontale et verticale. Des rais (au nombre de 6, 8 ou 12) lient le centre au limbe. De plus, au centre, est un trou circulaire dans lequel se meut sans ballottement un télescope dont l'axe est exactement parallèle au cercle, et qui porte deux bras, se croisant à angle droit, de sorte qu'en mouvant les bras on meut le télescope sans le toucher, et qu'en fixant les bras à l'aide de vis de pression, on fixe aussi le télescope.

Un télescope seul (sans limbe gradué) tournant selon le plan du méridien sur un axe horizontal fixe dirigé vers l'est et l'ouest, et perpendiculaire au plan de ce même méridien, est ce que l'on nomme *instrument des passages*. Les deux extrémités de l'axe sont des pivots cylindriques reposant sur des entailles pratiquées dans des supports métalliques, lesquels eux-mêmes ont pour bases de forts piliers de pierres. Le but de l'instrument des passages est de noter exactement à quel instant a lieu le passage d'un corps céleste au méridien. Il est évident que pour cet objet il est inutile d'examiner les azimuths et les hauteurs, les angles horaires ou les déclinaisons; les limbes gradués seraient donc superflus. L'attention de l'observateur doit porter sur les points suivants : 1° l'axe est-il parfaitement horizontal (1)? 2° coïncide-t-il bien avec la ligne d'est à ouest? S'il en est ainsi, et que la ligne centrale du télescope ait été bien ajustée à angle droit sur l'axe de l'instrument; le télescope, quelque position qu'on

---

(1) On s'assure de l'horizontalité par le niveau ou par le collimateur flottant, comme de la verticalité par le fil à plomb.

lui donne en le tournant pour voir l'astre, sera toujours dans le plan du méridien, et le moment où l'astre coupera le fil du micromètre sera celui de la culmination.

Le *sextant*, précieux surtout en mer, et parce qu'on peut le porter à la main, n'a qu'un limbe de 60°; mais des deux rayons qui le terminent, l'un AB, celui qui aboutit au 0, porte un petit miroir dressé perpendiculairement et étamé à moitié, et sur toute la surface de l'instrument peut se promener un rayon mobile, lequel porte au-dessus du sommet d'ACB un autre miroir étamé: sur le rayon AC est un télescope. Le premier miroir étant diaphane par une de ses moitiés, l'observateur, l'œil au télescope, voit directement un objet L placé sur la ligne TL, et il voit par une double réflexion S (que réfléchit C vers D, et que D renvoie vers le télescope). Les deux images ainsi formées se trouvent donc en même temps dans le champ de la vision; et si l'on fait mouvoir CE elles finiront par se rencontrer, puis par s'écarter de nouveau sans s'effacer l'une l'autre, si les deux miroirs sont bien perpendiculaires au plan du sextant. Qu'on arrête le mouvement quand les deux images coïncideront, et en ce moment l'angle entre CS, TL sera le double d'ECB. Donc si le sextant porte des numéros de 0 à 60, correspondant aux arcs de 0 à 60°, il n'y aurait qu'à doubler moitié pour avoir la mesure de l'angle; mais on n'a pas même cette peine; le limbe du sextant au lieu de 60 numéros en porte 120, et la mesure est donnée immédiatement.

§ V.

Instruments pour mesurer les Phénomènes physiques.

(1) **Thermomètres et Baromètres.**

Le baromètre est, comme on le sait, un tube de verre fermé par une extrémité qui ne contient point d'air tandis que l'autre plonge dans une cuvette ou se recourbe en siphon, et est rempli de mercure qu'on a purgé, en le faisant bouillir, de toute bulle d'air. L'atmosphère exerçant une pression sur le mercure de la cuvette, ou de l'extrémité qui a forme de siphon, et n'en exerçant point sur le tube, il en résulte que dans le tube le mercure s'élève à une certaine hauteur (28 pouces 2 lignes 2/10es ou 0,07629 au niveau de la mer, 28 p. et 9/10es de ligne ou 0^m 76 à Paris, la température étant à 12⁰ centigrades), et que la hauteur de la colonne varie selon les variations de la pression atmosphérique. On a varié de vingt façons la construction du baromètre, mais le principe en est toujours le même. Parmi les formes éminemment utiles, il faut remarquer le baromètre portatif de Gay-Lussac. Le baromètre sert donc à mesurer la pression exercé par le poids de l'air, et par cela même en vertu des propriétés connues des gaz, il mesure la force expansive de l'air et sa densité par une température donnée. Vulgairement on le regarde comme indiquant à l'avance la pluie et le beau tems, la pluie lorsqu'il monte et le beau tems lorsqu'il descend, mais c'est la fonction qu'il remplit le plus mal, surtout aux momens d'ascension, à tel point que la

plupart des physiciens doutent que la pluie et la sérénité du tems tiennent aux variations de la pression atmosphérique mesurées par les oscillations du baromètre. Un usage plus incontestable et qui depuis une soixantaine d'années est devenu de tous les instans après avoir été négligé, bien qu'indiqué par l'ingénieuse application de Pascal, c'est de mesurer les hauteurs perpendiculaires. On comprend en effet que toutes choses égales d'ailleurs, la colonne d'air devenant plus courte à mesure qu'on monte, plus longue à mesure qu'on descend, elle presse d'autant moins sur la cuvette dans le premier cas et d'autant plus dans le second que le mercure de la colonne baisse ou monte selon le moins ou plus de pression. Cette quantité additive ou soustractive est proportionnelle, non à la longueur seule des colonnes, mais à la densité. Mais, d'une part, l'atmosphère, même à température égale, contient, outre l'air, des vapeurs aqueuses dont ni le poids ni la densité ne sont les mêmes, et de l'autre le baromètre éprouve des variations horaires évidemment liées avec l'influence calorifique du soleil, quoiqu'on ne connaisse pas le mode de cette influence. Ces changemens et d'autres encore font que la pression totale n'est pas ce qu'elle serait par la seule densité de la colonne d'air; et il est nécessaire lorsque de la diminution de la colonne barométrique on veut conclure une hauteur, de démêler dans le chiffre de la diminution, ce qui vient de la moindre longueur et de la moindre densité des colonnes et ce qui tient à d'autres causes. De là des corrections à faire subir au résultat ordinaire : l'ensemble de ces correc-

tions, réduit à un nombre par lequel on multiplierait ce résultat pour avoir le résultat vrai, se nomme coefficient barométrique. On a des formules qui le donnent. On peut aussi pour simplifier les calculs avoir recours à des tables toutes faites, et où ceux qui les ont dressées ont tenu compte des corrections. Les meilleures sont celles d'Oltmanns dans l'Annuaire du bureau des longitudes. Avec elles on peut, si les circonstances sont favorables, mesurer une hauteur de 1500 mètres à 4 ou 5 mètres près.

Thermomètre. Quant au thermomètre, cet instrument est si familier aujourd'hui à tout le monde et sa théorie est si simple que c'est assez de le nommer. On sait que c'est un tube rempli d'esprit de vin le plus souvent, et parfois d'un autre liquide. Les variations de température font hausser et baisser le liquide, hausser s'il fait plus chaud, baisser s'il fait plus froid, effet connu de la dilatation. Auprès et le long du tube est une échelle graduée. On nomme 0 le point où s'arrête l'esprit de vin par la température qui fond la glace, 100 le point où il arrive par la température qui fait bouillir l'eau. Les divisions intermédiaires sont toutes égales entre elles et se nomment degrés centésimaux ou simplement degrés. Ces divisions continuent au-dessous de zéro, et répondent aux températures qui, plus froides que la glace fondante, amènent l'esprit de vin plus bas que 0. On dit alors 2,3,5,8, 20 degrés au-dessous de 0; l'on écrit —2,—3,—5,—8,—20, en faisant précéder le chiffre du signe négatif. Dans l'ancien thermomètre ou thermomètre de Réaumur,

l'échelle n'offre que 80° de la glace fondante à l'eau bouillante. Donc chaque degré Réaumur est un quart plus grand que le degré centésimal et le degré centésimal $^1/_5$ moindre que le degré Réaumur; en d'autres termes, le degré Réaumur vaut $^5/_4$ degré centés., et le degré centés. vaut $^4/_5$ de degré Réaumur (et l'on traduit les degrés Réaumur en centésimaux en les multipliant par $^5/_4$, les degrés centés. en Réaumur, par $^4/_5$). Donc aussi dans les observations, il est nécessaire de dire laquelle des deux graduations on emploie; dire 21 degrés de chaleur, par exemple, ne donne pas d'idée nette si l'on ne dit ou si l'on n'a dit quels degrés (il peut se faire en effet que ce soit 16° 8 au thermomètre de Réaumur; et il peut se faire au contraire que ce soit 26° 25 au thermomètre centésimal). Les Anglais usent d'une échelle bien moins commode, mais qu'ils se gardent bien d'abandonner pour un thermomètre français; c'est celle de Fahrenheit. Elle est divisée en 212°; mais la température glace fondante répond au 32e, comme 212 à celle de l'eau bouillante; restent donc 180° pour équivaloir aux 80 de Réaumur ou aux 100 de centigrades. Donc, le degré de Fahrenheit est $^4/_9$ de celui de Réaumur et $^5/_9$ du degré centésimal, et réciproquement les deux degrés sont l'un $^9/_4$, l'autre $^9/_5$ du degré de Fahrenheit. Donc pour convertir une quantité de degrés Fahrenheit en degrés français, il faut multiplier cette quantité diminuée de 32° par $^4/_9$ ou par $^5/_9$. Exemple : 92° Fahr. $= {}^4/_9\,(92-32)^0$ R. $= {}^5/_9\,(92-32)^0$ cent., c'est-à-dire, $= {}^{240}/_9{}^0$. R. $= {}^{300}/_9$ deg. centés., et en faisant le calcul, =

26 $^2/_3$ de R. = 33 $^1/_3$ deg. centés.; 20° Fahr., = $^4/_9$ (20—32)° R. = $^5/_9$ (20—32)° cent., c'est-à-dire, $^4/_9$ (—12)° R. = $^5/_9$ (—12)° cent., et une fois le calcul opéré = —5° $^1/_3$ R. = —6° $^2/_3$ cent.

(2) Autres Instruments à mesurer les phénomènes physiques.

Nous nous contenterons de les mentionner en renvoyant pour leur construction, leur théorie et leurs usages, aux traités de physique, ce sont :

1° Le *Pyromètre*, à l'aide duquel on mesure les chaleurs très-intenses et en quelque sorte l'intensité du feu ;

2° L'*Hygromètre* par lequel on compare les quantités d'humidité en suspension dans l'atmosphère;

3° L'*Aréomètre* ou *pèse-liqueurs*, qui détermine les densités des liquides dans lesquels il s'enfonce;

4° Le *Photomètre*, pour indiquer la quantité de lumière d'un point éclairé ou d'un point lumineux.

5° L'*Anémomètre* et l'*Ombromètre*, pour mesurer, l'un la force et la vitesse du vent, l'autre la quantité de pluie tombée pendant un laps de temps déterminé.

6° Le *Gazomètre*, destiné à donner aux gaz des vitesses constantes pendant leur écoulement, et qu'il ne faut pas confondre avec les grands gazomètres employés pour l'éclairage (lesquels sont fondés sur un autre principe).

7° l'*Atmomètre* qui mesure la quantité de vapeur que laisse échapper une surface humide.

9°. Le *Calorimètre* par lequel on évalue le calorique spécifique des corps.

10° L'*Electromètre* ou *Electroscope* à l'aide duquel on détermine la nature de l'électricité d'un corps et l'on en découvre ou l'on en apprécie les plus petites quantités. *La balance électrique* de Coulomb est une espèce d'électromètre.

N. B. 1° Comme les baromètres et thermomètres, ces instruments se sont construits et se construisent encore de plusieurs façons différentes; quelques-uns surtout, par exemple l'hygromètre, le calorimètre et l'électromètre; 2° L'*Eudiomètre* ou instrument à l'aide duquel on évaluerait le degré de pureté de l'air et des gaz, n'est plus employé.

§ VI.

Instruments à manifester et à produire des Effets.

Ceux-ci sont bien plus nombreux que les instruments qui ont pour but de mesurer. Leur nomenclature seule exigerait un volume, et pour les décrire i en faudrait beaucoup. Pour les connaître, il faudra consulter les traités de physique, de chimie, de chirurgie, de navigation, etc., des autres sciences auxquelles ils ont trait. Les machines électrique, pneumatique, d'Atwood, les machines à vapeur, les aérostats, la boussole, la pile sont les principales; mais nous ne pouvons pas même songer à les mentionner toutes. Le nom de plusieurs d'entre elles pourtant se retrouvera dans les articles suivants. Et provisoirement nous devons remarquer que l'idée des instruments ou appareils en question

nous mène comme transition aux collections et aux expériences ; en effet, en les imaginant ou en s'en servant l'on expérimente, et leur ensemble forme des collections qui donnent envie ou moyen de s'instruire.

ARTICLE VII.

DES COLLECTIONS.

§ Ier.

Utilités des Collections en tout genre.

Les deux mots qui terminent l'article précédent résument bien les avantages des collections ; elles donnent envie, elles donnent moyen de s'instruire.

Un des éléments essentiels, quand on évalue la civilisation d'un peuple, c'est la facilité que tous y trouvent de s'instruire ; les collections augmentent beaucoup cette facilité. Aussi, à mesure que la civilisation a fait des progrès, a-t-on vu les collections se multiplier. Les gouvernements, les villes en ont formé ; et bien qu'il reste beaucoup à faire en ce genre sur beaucoup de points, ce qu'il faut surtout souhaiter à présent, c'est que les collections publiques deviennent commodément accessibles à celui qui veut s'instruire. Les particuliers à leur tour rivalisent quelquefois avec les villes et les gouvernements ; et certaines collections privées, sous quelques rapports, soutiennent la comparaison avec

les musées, les cabinets ou les galeries des princes. Plus nous avançons cependant, et moins cette comparaison peut se soutenir, car les collections publiques restent et s'augmentent, tandis que celles des particuliers pour l'ordinaire ne durent guère plus longtemps qu'eux, et de deux choses l'une, ou s'éparpillent ou s'absorbent dans une collection plus grande. Mais le goût des collections se propage de plus en plus, et l'on ne peut qu'y applaudir, il fait honneur à l'homme privé comme il fait honneur à un peuple ; il est un indice de civilisation, il décèle ou tendance à l'instruction ou instruction déjà acquise, ou tous les deux ; il donne le change à bien des goûts dispendieux et funestes.

Ce que nous disons des collections s'applique à toutes les collections possibles, car le mot de collections est vaste et embrasse :

1° Les bibliothèques et dépôts de manuscrits, de gravures, de musique, de cartes géographiques, de plans, etc., plus les collections d'inscriptions ;

2° Les collections de peinture, sculpture, plans d'architecture, et de tous les petits objets d'art qui tiennent aux arts du dessin, et où ne domine pas l'idée utilitaire (*Musées, galeries, cabinets de tableaux, dactyliothèques, glyptothèques*);

3° Les collections d'antiquités, médailles, armes, meubles, vases, objets ou instruments du culte, instruments de musique, éléments de jeu ;

4° Les collections technologiques en tous genres, navales, d'artillerie, aratoires, d'arts et métiers; plus les collections d'instruments scientifiques ou cabinets d'astronomie, de physique, et en partie ceux de chirurgie et de chimie ;

5° Les collections d'objets d'histoire naturelle et de produits chimiques, lesquelles comprennent,

(1) La plus grande partie des cabinets de chimie,

(2) Les collections de géologie, de minéralogie, de phytographie, de zoologie, de paléontologie (qui peuvent chacune être divisées et subdivisées),

(3) Les ménageries et jardins botaniques et pharmaceutiques (auxquels on peut joindre les pépinières).

Mais songeons ici à ce que l'on appelle usuellement sciences d'observation, ce que nous nous proposons de dire aura surtout rapport aux dernières collections, c'est-à-dire aux collections scientifiques, tant d'instruments que d'objets à observer et à étudier, bien que certainement les mêmes principes, les mêmes remarques, trouvent pareillement leur application sur les éléments des collections d'art, d'arts et métiers, d'érudition et de curiosité.

Ces principes, ces remarques se distribuent en deux parties, selon qu'ils s'adressent à ceux qui veulent étudier une collection publique ou appartenant à d'autres, ou à ceux qui veulent se former une collection.

§ II.

Des moyens de se former une Collection.

Se former une collection est un admirable moyen d'apprendre et même de découvrir beaucoup. Ainsi

par exemple, Lamouroux qui s'est acquis une réputation méritée par ses études sur les hydrophytes (ou plantes marines), à tel point qu'on le regarde comme un des créateurs de l'hydrophytologie, a dû ce succès au soin qu'il prenait de se former une collection d'hydrophytes. On citerait cent exemples analogues, et chez les enfants mêmes il n'est pas rare de trouver réunis la tendance à s'instruire dans une science et la tendance à former collection. Le zèle pourtant chez l'enfant et même chez l'homme est quelquefois superficiel et stérile. Longtemps on a vu des amateurs ramasser, laver, brosser, faire chatoyer des coquilles sans s'occuper des caractères des mollusques qui les habitaient et croire avoir des collections conchyliologiques sans soupçonner les éléments de la conchyliologie.

Une supériorité réelle de celui qui se forme une collection, sur celui qui étudie la collection d'autrui, c'est qu'il peut toucher, examiner sous toutes les faces, essayer, et au besoin trancher, rayer, chauffer et soumettre à telle épreuve ou telle transformation qu'il le voudra, l'objet qu'il veut connaître.

Souvent une collection, précieuse même, peut être formée à peu de frais, pour peu qu'on apporte à la créer de l'intelligence, des connaissances et de l'activité.

Pour cet effet, il faut d'abord renoncer à l'idée de n'avoir que des objets rares (et dont souvent la rareté fait tout le mérite); et il faut se bien mettre en tête que le grand mérite d'une collection, c'est moins la valeur de chaque objet en particulier que

le mérite de suite. Or, la suite existe, soit quand on a pour chaque grande coupe (famille, ordre ou genre) un type bien marqué, soit quand se bornant à une seule coupe (à un genre, par exemple) on a toutes ou presque toutes les variétés de l'espèce, etc., soit aussi lorsque l'on rassemble des échantillons de toute la Faune, de toute la Flore, ou de toute la minéralogie d'un pays. Il existe en ces deux derniers genres des collections admirables. Ainsi des jardins de rosiers, de dahlias, de géraniums, de vignes, en botanique; des cabinets ornithologiques de colibris, de psittacés en zoologie; en minéralogie et en géologie, des salles entières de minerais de fer et de marbrés, de produits volcaniques; et aussi des jardins réunissant toute la Flore de Paris ou toute la Flore de Montpellier, la collection des poissons du Nil ou bien des poissons du Léman, etc., etc.

Or, quoi de plus facile pour celui qui habite une circonscription géographique remarquable, ou qu'il saura bien caractériser, que de réunir à peu de frais, et souvent en ne se donnant que la peine d'herboriser, de ramasser, les productions caractéristiques du pays? Et pour celui auquel un hasard quelconque a mis sous la main un nombre assez considérable de variétés d'une même espèce ou d'espèces d'un même genre, quelle difficulté y a-t-il pour l'ordinaire, soit par l'échange des doubles, soit autrement, d'abord à grossir beaucoup ce cabinet primitif, ensuite, sinon à le porter au complet, du moins à n'y laisser que peu de lacunes, ou à bien voir où sont les lacunes (ce qui, pour l'utilité comme pour l'instruction, est déja un grand avantage)?

Ce serait ici le lieu de dire comment on dessèche les fleurs, feuilles et autres parties humides des plantes; comment on conserve les animaux; comment on place et l'on dispose les richesses, etc.; mais les bornes de notre ouvrage nous empêchent d'entrer dans des explications auxquels le Dictionnaire d'histoire naturelle et un peu d'expérience suppléeront.

Quand on forme ainsi collection, de deux choses l'une, ou l'on ne réunit que des objets déjà connus et classés, ou il se rencontre des objets nouveaux. C'est ce qui a lieu fréquemment pour celui qui concentre son étude, soit sur un genre ou une espèce, soit sur une branche de l'histoire naturelle d'une région mal explorée ou inexplorée encore avant lui. Presque toujours quelque découverte le récompense de l'idée qu'il a eue, et de la constance qu'il déploie, se circonscrivant à un cercle d'objets ou à une localité.

Mais pour ne pas être exposé à mal voir, ou à se faire des illusions, il est bon lorsque l'on se livre à de tels travaux, d'avoir quelques connaissances préliminaires sur la matière, et de savoir ce qui s'est fait, ce qui s'est dit sur ce sujet, ou bien de marcher toujours armé de défiance et de demander avis avant de parler trop haut à des hommes qui possèdent et la science et l'histoire de la science.

Les découvertes en histoire naturelle consistent tantôt à signaler le premier et à décrire un objet inconnu, tantôt à mieux décrire ou à faire connaître plus à fond et sous des rapports nouveaux, tantôt à modifier, à remanier, au besoin à bouleverser la

classification en l'établissant sur de nouvelles bases, tantôt à trouver non plus des êtres nouveaux, mais des faits nouveaux (organes ou appareils, tissus, fonctions, phénomènes physiologiques ou anatomiques), tantôt enfin à rayer des erreurs admises jusqu'alors, des doubles emplois, des phénomènes imaginaires, des démonstrations illusoires. En chimie on découvre quand on trouve par l'analyse les principes d'un composé et leurs proportions, quand on crée un composé nouveau, quand un composé indécomposable jusque-là se laisse dissoudre ; (ainsi par exemple Davy montra que la potasse, la soude, la magnésie, etc., étaient des oxides de potassium, de sodium, de magnésium), ou quand on prouve que ce qu'on regardait comme composé est un élément (ainsi le chlore qu'on appelait il y a trente ans acide muriatique); enfin quand, des actions et réactions attentivement examinées et précisées, on vient à tirer de grandes lois qui dominent nombre de cas particuliers. En physique, trouver de nouvelles propriétés, de nouveaux phénomènes, ou de nouvelles nuances de phénomènes, créer de nouveaux instruments pour de nouvelles expériences, établir de nouvelles théories satisfaisant aux phénomènes mis hors de doute, préciser par les mathématiques la quotité des phénomènes, c'est faire une découverte. De même en mécanique, en chirurgie, en médecine, il y a des faits, des rapports, des lois à découvrir. Ainsi partout 3 classes de découvertes possibles. en chimie, en histoire naturelle (et nous pouvons ajouter en astronomie), bien qu'en astronomie il n'y ait point de collection possible). Il existe en sus

une quatrième classe de découvertes, celles de choses et d'êtres. Ces dernières évidemment sont les plus faciles, pour peu qu'il y ait des circonstances favorables, et que, doué de sens fins et impressionnables, on veuille et l'on sache s'en servir. William Herschell qui a tant ajouté aux catalogues uranographiques, qui signala presque ses débuts par la découverte de la planète qui gravite aux confins du système solaire, et qu'on appelle indifféremment de son nom ou de celui d'Uranus, et qui le premier reconnut les étoiles binaires, n'était qu'un pauvre musicien hanovrien doué de bons yeux, et qui, avide de voir, de voir sans cesse, passait les jours à construire des télescopes, dont il amplifiait de plus en plus le pouvoir, et les nuits à s'en servir.

§ III.

Comment étudier ou observer sur les Collections toutes faites.

Quant à ceux qui usent des collections toutes faites, et qui, évidemment forment le plus grand nombre, eux aussi ils peuvent, s'ils le veulent fortement, tirer avantage des visites qu'ils leur rendent. Voici comment. 1° Ils doivent avant tout se faire dire, ou en cas d'impossibilité, remarquer au plus vite, dès qu'ils sont entrés, quelle collection ils visitent, c'est-à-dire non seulement à quelle science, ou à quel embranchement, à quel groupe, petit ou grand, de la science la collection est consacrée, mais encore si c'est une collection d'instru-

ments ou bien d'êtres et de choses, ou bien enfin d'organes et de préparations anatomiques, si elle est vivante ou inanimée, si elle est classée ou non classée. 2° En général il est bien de commencer par des collections classées. 3° On verra mieux, lorsque avant d'étudier la collection on s'est déjà familiarisé (en feuilletant quelques résumés, manuels ou précis de la science, ou en causant avec des hommes qui la possèdent) avec son objet, ses divisions et ses termes principaux : les mots alors ne sembleront point étranges quand on apercevra les choses, et les choses expliqueront les mots. 4° On ne s'arrêtera point trop à chaque détail, (ce qui, d'ailleurs, serait impossible), mais on parcourra rapidement pour se former une idée de l'ensemble (cette opération s'appelle *syllepse*). Mais pour que la syllepse soit véritablement utile, on devra y joindre, un peu avant ou un peu après dans la même séance, une vue assez détaillée d'un groupe d'êtres ou de faits. Par exemple, dans un cabinet d'ichthyologie, on passera bien spécialement en revue, ou tous les squales, ou tous les apodes ; dans un cabinet de minéralogie, on ralentira le pas devant la division des quartz, etc. 5° Lorsqu'on reviendra, plus tard, on ne prendra qu'un groupe, mais sur ce groupe on agira comme pour la collection entière (lecture préalable, mélange de syllepse et d'examen très particulier), puis on contemplera chaque espèce, ou si l'on veut s'instruire plus à fond, chaque sous-espèce ou variété avec détail. 6° Au cas où l'on ne pourrait manier, retourner les objets, les ôter de leurs bocaux, etc., et même dans tous les cas à peu

près, on pourrait apporter avec soi des figures, des objets, ou bien on devrait en avoir attentivement regardé avant le départ pour comparer (car presque toujours, si la perspective déforme en un sens la figure de l'objet, — qu'on regarde dans un autre sens qui change différemment la forme, — et les deux altérations peuvent s'effacer ou s'expliquer mutuellement. 7° On dessinera ce qu'on voudra se bien mettre en tête, ou ce dont on voudra garder la représentation.

ARTICLE VIII.

PRÉCAUTIONS ET SOINS A PRENDRE LORSQUE L'ON OBSERVE.

§ 1.

Choix et notation des localités dans lesquelles on observe.

Il est souvent important de bien choisir, et par suite de noter le lieu choisi pour les observations. Cette recommandation ou cette remarque n'est pas bornée seulement aux cas où elle ressort de la nature des choses, comme lorsqu'on se propose pour sujet la Flore ou la Faune d'un pays. Veut-on, par exemple, étudier à fond le premier certaines familles de plantes ou d'animaux, il est nécessaire de se faire habitant de la région où elles abondent, Ce

n'est point à Paris ou à Pétersbourg que l'on constituera l'histoire naturelle des palmiers, des cactus ; ce n'est point dans notre Europe civilisée et où fourmille la population, que l'on tracera le tableau de la société, de l'industrie et des mœurs des castors. Les premiers ne se présentent, dans le luxe de leur végétation, qu'entre les tropiques ou à peu de distance de l'un ou de l'autre ; les castors ne se livrent largement à leur instinct architectural que dans les déserts de l'Amérique du Nord. Hors de leur pays, ou d'un pays convenable, et les plantes et les animaux perdent de leurs qualités natives ou cessent d'être.

Nombre de détails intéressants, de faits capitaux, ne sont connus que parce qu'on a varié, et convenablement varié les points sur lesquels devaient se faire les observations. Le pendule et les mesures d'un arc de méridien n'ont déterminé la figure générale de la terre, que parce qu'on étudiait les oscillations de l'un, et parce qu'on pratiquait les autres en même temps à l'équateur et près du pôle. L'admirable mesure de l'arc entre Formentera et Dunkerque, par les géomètres français, mesure dont on a déduit le mètre, présente ceci de particulier et d'heureux, lorsqu'on la compare à d'autres, que les points extrêmes de l'arc sont, à quelques minutes près, à égale distance du parallèle moyen (ou 45° lat.) de notre hémisphère. Une parallaxe, en astronomie, ne peut être établie que par des observations simultanées sur deux points différents, et le choix de ces points est important ; généralement il est à souhaiter qu'ils soient à grande distance l'un

de l'autre, et sur un même méridien. (Ainsi Wargenten à Stockholm, et Lacaille sur le méridien du Cap de Bonne-Espérance comparant Mars à celui du Verseau, déterminèrent la parallaxe horizontale à 24' 64" au moment de l'observation.) La notation attentive des abaissements de température, des variations météorologiques, de l'affaiblissement, et finalement de l'absence de la végétation sur les hautes montagnes, a enrichi toutes les sciences d'une foule de faits précieux. En reconnaissant, en étudiant l'accroissement de chaleur sensible à mesure qu'on pénètre plus profondément dans les entrailles de la terre, on s'est préparé des éléments pour déterminer et la cause des volcans, et une petite portion de l'histoire du globe, soit qu'il ait été jadis en ignition, soit plutôt que la force thermo-électrique agisse sans cesse à son intérieur. Un aéronaute qui observe en savant, choisit pour lieu de ses observations les plus hautes couches atmosphériques auxquelles il soit donné à l'homme de parvenir; il n'est en quelque sorte pas une branche des sciences naturelles auxquelles son exploration ne puisse être utile; température, pression, état hygrométrique et photométrique, effets acoustiques, météores, couleur du ciel, etc., etc., tout est de son ressort, et les faits éminemment variés qu'il recueille, ou seront des éléments qui mèneront à des rapports, à des lois, ou confirmeront et vérifieront des lois, rapports ou théories déjà établies.

La localité comprend entre autres éléments, non-seulement le lieu en tant que point ou surface astronomique, mais la latitude, la hauteur au-dessus de

la mer, et l'ensemble des circonstances tant absolues que relatives (absolues, comme exposition, aspect général, nature du sol, abondance des eaux, populations; relatives, comme proximité de la mer, position insulaire ou continentale, élévation par rapport aux environs) et la solution de cette question : La région est-elle région naturelle ou portion de région naturelle, et quelles sont ses bornes?

§ 2.

Précautions et artifices indispensables ou utiles pour observer.

Il a déjà été parlé plus haut de la prudence comme d'une qualité nécessaire à l'observateur, surtout lorsque ce qu'il observe n'a encore été observé, ou lorsque ce qu'il tente n'a été tenté par personne; et nous avons donné des exemples à l'appui. A la hardiesse et au sang froid, il faut donc qu'il réunisse la circonspection pour apercevoir, et l'adresse pour esquiver un danger.

De ces dangers, les uns sont clairs et connus, mais fort souvent se compliquent de circonstances accidentelles, les autres sont inattendus ou d'une nature plus commune. Le navigateur sait que dans les parages à récifs, et sur les côtes, il ne doit avancer que la sonde à la main, et que, dans les mers polaires, il ne doit pas se laisser enfermer par les glaces; mais il peut se faire qu'en pleine mer, et dans une mer censée connue, à quelques minutes d'un point où la sonde donnerait 500 brasses, s'élève, sans être marquée sur les cartes hydrographiques, un écueil

ou un banc de sable, et il peut se faire qu'en redescendant de latitudes supérieures où il naviguait à peu près en mer libre, il voie sa route obstruée par d'énormes glaçons. Rien ne semble plus connu et plus aisé, avec des guides, qu'un pélerinage à la cime du Mont-Blanc, du Chimboraço, du Daoualagiri : mais d'abord les guides manquent souvent ; l'aspect des lieux change ; des fissures, des crevasses sont devenues des précipices, ou bien la neige les couvre, tandis que jadis on les voyait ; puis le froid de plus en plus intense, et passant ce qu'on peut imaginer ; les bêtes fauves, une avalanche, une éruption volcanique, etc.

On ne pénétrera le premier dans une grotte comme celle d'Adelsberg, qu'armé, muni de flambeaux, et sondant à l'avance son chemin avec le bâton. Dans les profondeurs d'une mine, on a toujours à craindre inondations, éboulemens ou incendies à la surface de la terre, et dans un district à tourbière, le sol meuble et excavé peut vous engloutir. On connaissait depuis des siècles la grotte du Chien, près de Naples : qui se serait douté qu'à Java, une vallée entière présente le même phénomène, mais en grand, tant pour la surface asphyxiante que pour la hauteur à laquelle s'opère l'asphyxiement, tandis qu'à Naples cette hauteur atteint à peine un mètre ? L'on a vu des naturalistes, en s'entamant la peau avec le crochet à venin de la vipère, du hadjé ou du serpent à sonnettes, bien que le reptile fût mort depuis des années, s'empoisonner et périr.

Les rayons nus de cette espèce de raie qu'on

appelle pastenague peuvent déchirer les muscles de sorte à mettre en danger de mort : il n'y a pas trente ans qu'en France on vit un savant, maniant avec trop peu de précaution le gymnote électrique dont pourtant il savait la puissance foudroyante, paralysé pendant un an, ce qui étonnera peu si l'on songe que les gymnotes tuent quelquefois des chevaux ; mais ce n'est pas tout, il paraît que l'appareil fulminateur agit dans l'eau à distance et sans contact immédiat, de façon qu'on pourrait être frappé, moins cruellement il est vrai, sans toucher l'animal. Parler des périls que présenterait l'étude des grands quadrupèdes des forêts (lions, tigres, panthères), ou plutôt de l'impossibilité où nous serions de les étudier s'ils n'étaient nos prisonniers, serait superflu. Mais ce que beaucoup de personnes ou ne savent pas ou ne se rappellent pas, c'est que des animaux fort doux deviennent parfois fort intraitables, fort dangereux, par exemple, à l'époque de l'amour ; et que faute de tenir compte de ce brusque changement, tel a reçu des blessures qui l'ont laissé infirme pour toute sa vie, tel est resté sur la place, mort ou mortellement frappé.

De même, toutes les fois qu'on veut goûter un corps ou un produit nouveau ou même ancien, il peut y avoir danger réel, et l'on n'y doit procéder qu'avec la plus grande précaution, soit qu'on fasse des essais sur les animaux, soit que l'on essaie sur soi-même (tels sont les sels de plomb, les arséniates, l'antimoine, la strichnine, l'acide prussique, et des centaines d'autres). Dans un laboratoire où se trouvent des milliers de substances, dont super-

ficiellement plusieurs peuvent se ressembler, il faut veiller à ne pas occasionner, en confondant la substance inoffensive avec le poison, des malheurs irréparables.

Il faut de même la plus grande circonspection dans les expériences de physique, de chimie, de métallurgie, de mécanique, d'agriculture, pour ne point causer d'explosion, ne pas faire respirer de vapeurs délétères, ne pas blesser ou tuer un spectateur en imprimant un mouvement à l'improviste ou mal à propos, etc., etc. Les aéronautes évidemment s'exposent à tant de périls qu'il est inutile de les détailler; et s'il y a toujours du risque à voyager par mer, combien n'y en a-t-il pas davantage à traverser les airs, milieu si peu apte à soutenir, sur un véhicule aussi fragile qu'un ballon, à peu près sans moyen de direction, et forcé de ne descendre que là où ne se trouveront ni forêts, ni toits, ni mers, ni cours d'eau.

Un autre genre de soins à prendre, c'est de ménager les organes des sens, la vue surtout veut des précautions. Celui qui fait des observations microscopiques, doit, quelque bon que soit son œil, ne point en abuser. L'astronome n'observera jamais le soleil à travers ses verres, sans interposer plusieurs toiles d'araignée, etc.

Ce n'est pas tout d'éviter le danger, il faut aussi se mettre en position d'observer, et il est quantité d'êtres qu'on n'observe que difficilement : tels sont surtout les animaux. Les uns, et c'est le plus grand nombre, habitent les flots; et autant il est

aisé à l'homme de les en tirer, autant il est difficile de savoir leurs mœurs, leurs instincts, et une foule de particularités semblables, même pour les espèces qui deviennent fréquemment notre proie, que nous enfermons dans nos viviers et dans nos parcs, et dont notre œil, en quelque sorte, suit la vie dans leurs humides demeures. Les autres se cachent dans les profondeurs des bois ou perchent très haut : les atteindre est difficile, bien que généralement on y parvienne. Aujourd'hui quelques-uns vivent apprivoisés à notre foyer ou sous le toit que l'homme leur a offert, mais la domesticité a presque toujours, de façon ou d'autre, modifié leurs caractères et même leurs formes. Le chien, par exemple, a subi à un degré prodigieux cette influence de l'homme; le bœuf, le mouton, le cheval sont loin d'en être exempts. Très souvent l'animal qu'on observe s'effarouche, s'éloigne ou reste comme pétrifié; par exemple, le castor; un oiseau chantait, il se tait; s'il se taisait, il crie ou émet un son quelconque. Il faut donc l'observer sans être aperçu; il faut savoir se cacher, de même qu'on doit choisir les lieux pour observer, choisir les momens, tant pour les objets inanimés que pour les animaux : ou bien il faut savoir attirer, capter pendant un peu de temps (ainsi un oiseau auquel on jette à quelque distance de la graine ou l'aliment qu'il affectionne). D'autres animaux se laissent sans peine observer de loin. Enfin il en est (ce sont surtout les animaux inférieurs, les annélides, etc.) qui tant qu'on ne les

touche pas ou qu'on ne gêne ni leur marche ni leur station, ne semble pas même s'apercevoir qu'ils sont l'objet de l'attention.

C'est ainsi qu'on arrive à des notions précises, soit sur la durée, sur la puissance, et, par suite, sur la cause principale d'un phénomène, soit sur les manœuvres les plus délicates, sur les ressources, sur les sens des espèces zoologiques. En zoologie, par exemple, l'instant de la mue, celui de l'amour et de la copulation, celui de l'hibernement ou de la migration, ont prêté aux observations les plus curieuses. En botanique, ce n'est pas seulement la saison, le mois, la semaine qui semblent affectés à l'ensemencement, à la germination, à la feuillaison, à la floraison, à la fructification, à la maturation de telle ou telle espèce: qui l'eût cru si des observations irréfragables ne le mettaient hors de doute? c'est l'heure. (Telle fleur ne s'épanouira jamais au Tropique que de 2 à 4 heures du matin, en Europe méridionale, de 3 à 5; en Suède, de 5 à 6; telle autre de 3 à 5, de 4 à 6, de 5 à 7, selon le plus ou moins de chaleur des trois régions ci-dessus nommées, etc.: même régularité pour l'instant où la fleur se ferme (1)). De telle sorte, qu'on a formé en rangeant les diverses fleurs qui s'ouvrent et se ferment ainsi à heure fixe, ce qu'on nomme l'horloge de Flore. (En effet, on pourrait, en ayant un parterre composé de ces fleurs, savoir, en voyant lesquelles

(1) Toutefois, il n'en est pas ainsi de toutes les fleurs.

s'ouvrent, lesquelles se ferment, quelle heure il est.) Arrive-t-il que certaines fleurs dérogent à leur habitude, on peut y voir un pronostic météorologique. Par exemple, que le souci d'Afrique conserve ses fleurs ouvertes après 7 heures du matin, ou que le liseron, que le mouron des champs surtout vienne à fermer les siennes, on peut dire que la pluie est imminente. Une foule d'autres végétaux présentent de même des relations frappantes avec l'état hygrométrique de l'atmosphère, et il est à espérer que ce qui n'a d'abord offert qu'un intérêt de curiosité, ne sera pas sans éclairer l'anatomie et la physiologie des plantes.

En récapitulé, les objets d'observation nous offrent un double écueil : 1° Les a-t-on à sa disposition, il peut être dangereux de les étudier; 2° il n'est pas toujours aisé de se les procurer. La connaissance des principaux caractères de l'objet, et la circonspection préserveront du premier. Quant au deuxième, la chasse, la pêche, l'aviceptologie, en un mot, l'emploi de la force atténueront l'inconvénient en plaçant dans nos mains beaucoup des êtres animés; l'adresse, la ruse, l'esprit d'expédient nous mettront à même de voir et d'étudier beaucoup de faits fugitifs; l'empaillement, la dessication, la conservation dans l'alcool, perpétueront en partie, malgré la mort, les êtres organiques privés de la vie; les empreintes sur frais et le dessin fourniront aussi des données à l'observation. Enfin, les voyages nous donneront, nous apporteront ce qui ne naît pas ou ne se fait pas chez nous.

§ 3.

Vérifier les instruments.

Qu'il faille étudier le mécanisme des instruments à l'aide desquels on observe, c'est ce qui ressort assez de ce que nous avons dit art. 6. En effet, pour s'en servir habilement et lestement, pour les *bien ajuster*, il faut les bien connaître ; mais ce n'est pas le là seul motif qui nous fasse une loi de cette connaissance : non seulement on peut commettre des erreurs en usant mal d'un instrument, mais l'instrument lui-même peut avoir et même a nécessairement des imperfections.

Prenons pour exemple ce qui se passe dans un observatoire.

Au premier coup d'œil, rien ne semble plus simple que de façonner un cercle ou limbe circulaire, de le diviser en 360 arcs parfaitement égaux, puis d'intercaler dans chaque arc des subdivisions égales aussi entre elles, de placer le centre exact de ce cercle sur un pivot exactement cylindrique, bien dressé, auquel le plan du cercle soit rigoureusement perpendiculaire, de fixer bien réellement, à angle droit, une lunette mobile sur un axe immobile, de manière que quelque position qu'elle prenne en tournant autour de l'axe, elle lui reste toujours perpendiculaire. Mais dans la pratique il n'en est point ainsi. En dépit de tous les efforts que l'on fait, la perpendicularité n'est point parfaite (et l'angle qui devrait être de 90° aura quelques secondes de moins) : la coupe d'un axe

au lieu d'être circulaire sera elliptique ; le cercle et l'axe ne seront point complètement concentriques ; les divisions ne seront point rigoureusement équidistantes, etc., etc. : car cette perfection absolue, mathématique, que le physicien comme l'astronome voudrait donner aux instruments, n'existe point et n'est pas possible. Mais au moins, les imperfections ne nous surprendront point puisque nous savons à l'avance sur quoi elles portent. Et il y a mieux, nous pouvons les constater, les mesurer et dès lors les corriger.

Pour cela, l'astronomie même nous fournit les moyens, et déjà nous l'avons indiqué en passant. Nous savons, par exemple, combien il doit s'écouler de temps entre le passage de deux étoiles fixes au méridien. Le second phénomène a lieu 7/10mes de seconde suivant notre chronomètre plus tôt que nous ne l'attendions : ce n'est pas la deuxième étoile qui avance, c'est notre chronomètre qui retarde, et de combien retarde-t-il ? de 7/10mes de seconde. D'autres observations, de même genre, nous apprendront que pour sûr il y a dans notre appareil quelque défaut : reste à démêler quel défaut. Nous varierons et choisirons de nouvelles observations d'après lesquelles nous puissions nous assurer que tel élément au moins est irréprochable (la perpendicularité, par exemple, ou bien le centrage), les doutes alors se portent sur le reste, et en éliminant successivement, on découvre où commence la faute. Puis enfin, par des observations subséquentes, on précise la quotité de l'erreur : le remède alors devient facile.

En s'habituant à démêler et à coter ainsi les erreurs de construction, on arrivera bientôt à cette dextérité de main, à cette sûreté de coup d'œil qui évitent toutes les erreurs d'ajustement. Mal ajuster c'est ne pas placer les instruments ou les portions de l'instrument dans le plan ou selon la ligne qu'ils doivent avoir, ne pas donner l'horizontalité ou l'obliquité voulue à un axe, ne pas arrêter en les vissant fortement les bras d'un tube, ne pas mettre à distance convenable l'oculaire et l'objectif, ne pas les placer de manière à ce que leurs centres soient bien dans l'axe de la lunette ou dans la ligne de collimation; ne pas rendre le plan du micromètre perpendiculaire à cette même ligne, etc., etc. Si l'on songe qu'un grand instrument se compose non seulement des pièces qui servent directement à l'observation scientifique, mais de pièces qui l'assujétissent ou le supportent, et qui forment, à elles seules, un ensemble très compliqué, avec poulies, cordages, rouages et pignons, on comprendra que l'ajustement n'est pas chose si facile qu'on l'imaginerait, et on comprendra aussi combien il est possible qu'à la longue, et quelquefois dans un court intervalle, un instrument subisse quelque dérangement.

Aux erreurs d'ajustement, ajoutons encore quelques fautes dont il faut savoir se préserver. Un astronome doit savoir compter imperturbablement et vite, en lisant, écrivant, causant et même en observant; il doit mirer ou viser avec la dernière précision; il doit lire les divisions du chronomètre et des limbes sans jamais se tromper et presque

sans regarder les numéros, et de plus, apprécier les fractions d'espace entre les divisions comme si les subdivisions étaient tracées; il doit être familier avec les verniers et avec les tables de toutes sortes; il doit être preste à dire, s'il est chargé de regarder, que le phénomène traversant les cinq fils du micromètre, commence, avance, atteint son medium, tire à sa fin et disparaît, et preste à dire, s'il est chargé de la notation des moments, la minute, la seconde, le dixième de seconde qui coïncide avec chaque minimum de durée du phénomène.

On devine aisément que nous pourrions faire des remarques analogues sur le physicien, sur le chimiste, sur tous les savants qui emploient des instruments. Eux aussi ils sont sujets à des erreurs, et les erreurs pour eux aussi se distinguent en *erreurs de construction* (en d'autres termes, erreurs de l'artiste), et *erreurs de manipulation*, lesquelles sont elles-mêmes de deux sortes : *erreurs d'ajustement* (par exemple, si l'on ne lute pas hermétiquement la machine pneumatique sur son plateau, ce qui empêche le vide de se faire parfaitement); et *erreurs de négligence* ou *d'insuffisance*, si l'on ne distingue pas bien toutes les nuances du colorigrade, si l'on ne perçoit pas parfaitement les différences des sons, si l'on juge mal les distances, les angles, les courbes, les formes, etc.

ARTICLE IX.

PREMIERS PROCÉDÉS POUR L'OBSERVATION PURE ET SIMPLE.

§ 1.

Examen des caractères extérieurs.

Quel que soit le corps qu'on a dessein d'examiner, organique ou inorganique, céleste ou terrestre, naturel ou obtenu par l'homme, simple ou composé, monade (1) ou groupe, si jamais encore il n'a été examiné, c'est sur les caractères extérieurs que portera d'abord l'attention.

Dans ce but, on commencera par jeter un coup d'œil d'ensemble qui de temps à autre reviendra, à mesure que l'on ira plus loin, puis on regardera, partie par partie, sous toutes les faces, et en soumettant à l'action de chaque sens. Par cette série méthodique de regards instructifs, portés sur chaque objet, on saura :

1° (à peu près) les *dimensions* du tout, son *volume*, et peut-être son *poids;*

2° son plus ou moins d'*homogénéité apparente* et son *aspect général;*

3° sa *figure;*

---

(1) On peut nommer *monade* un être ou un corps distinct, (par exemple : un homme, un astre), par opposition au groupe qui contient plusieurs êtres ou corps semblables (un bataillon, une constellation).

4° ses *parties* diverses, leur nombre ou un aperçu de leur nombre ;

5° le *nombre des parties similaires* (deux yeux, cinq paires de pattes, huit étamines) ;

6° l'*arrangement* des parties (situation relative et ajustement) ;

7° la *proportion* des parties ;

8° la *couleur* ou *les couleurs*, l'*éclat*, la *phosphorescence* ;

9° les *qualités sensibles au tact*, comme les degrés de poli, de dureté, de sécheresse, le pesage ;

10° la *sonorité*, la *saveur*, l'*odeur* ;

11° la *pesanteur spécifique* ;

12° le *lieu* et le *temps* ;

Eclaircissons ces indications générales par quelques exemples ou quelques remarques.

Les dimensions ne sont pas toujours au nombre de ces caractères extérieurs que nous pouvons saisir de prime-abord. Si nous connaissons celles du soleil et des planètes, par exemple, ce n'est qu'à la suite d'observations multipliées et de calculs profonds, lesquels supposent eux-mêmes des siècles d'observation préalables ; et en général on ne connaît immédiatement les dimensions vraies des corps que lorsqu'ils sont près de nous. Du reste, les dimensions apparentes ont aussi leur utilité, elles servent de point de départ. Les diamètres apparents du Soleil, de la Lune, etc., sont des éléments essentiels pour arriver aux diamètres réels. En un autre sens encore, les dimensions mêmes fausses nous mènent encore à des corollaires vrais. Toute étoile

fixe nous semble, quel que soit son éclat, un point un et indivisible, même vue au télescope le plus puissant; les planètes et les satellites, au contraire, ont un diamètre sensible : de là une distinction frappante entre les planètes et les étoiles fixes, et la conclusion bien incontestable que les planètes sont plus voisines de nous que les étoiles. Il n'est pas toujours besoin d'examiner les dimensions en tous sens. Les simples longueurs et les surfaces suffisent le plus souvent en géographie.—Et en astronomie les mots de *première grandeur*, 2e *grandeur*, etc., jusqu'à la *seizième grandeur* inclusivement, qu'on ajoute quelquefois au mot *étoile*, ne doivent pas faire croire qu'il s'agisse là de dimension. Cette expression, mal choisie, et qu'il faudrait bannir, ne désigne que le plus ou moins d'intensité d'éclat, ce dont résulte plus ou moins de visibilité. On le concevra facilement si l'on songe combien la nuit, si nous sommes placés dans l'ombre, nous voyons nettement ce qui se passe à distance dans une pièce éclairée et ouverte. — De même on aura soin de ne point confondre le poids avec la pesanteur spécifique, qui trouvera sa place un peu plus bas.

L'homogénéité, apparente du moins, existe quand toutes les surfaces visibles d'un corps semblent ne présenter que les mêmes molécules constituantes, tels sont, par exemple, un pain de sucre, une barre de fer, du vin, et en général la plupart des liquides, et une foule de substances, les unes données par la nature, les autres élaborées par l'homme; au contraire, les minerais, pour l'ordinaire accompagnés d'une gangue très visible, les

corps organiques, où presque toujours se distinguent immédiatement des organes externes très divers, nos habits, meubles, instruments, monuments, véhicules, une planche même, où courent des veines, les corps célestes, à la surface desquels se voient des taches, dont les astronomes ont tiré si bon parti, n'offrent pas l'apparence de l'homogénéité. Le même coup-d'œil qui jugera de l'homogénéité d'un corps, en saisira aussi l'aspect général, et fera pressentir les qualités que nous plaçons aux nᵒˢ 8, 9, 10.

En étudiant la figure d'un corps, on verra ou l'on tentera de voir si cette figure se rapporte à une forme géométrique régulière (sphère, cône, cylindre, polyèdre, pyramide, ellipsoïde, etc., soit pure, soit modifiée, ou à une forme très compliquée (telle, par exemple, que celles des êtres organiques), et si la forme qu'on observe est essentielle ou accidentelle et indifférente. (La forme d'un corps vivant et bien portant, par exemple, est jusqu'à un certain point déterminée, et ses variations n'excèdent point certaines limites; celles d'un minéral l'est infiniment moins, ou ne l'est point du tout; celles des produits humains sont conventionnelles ou arbitraires; l'usage qu'on veut en faire est cause aussi que le plus souvent leurs formes varient peu.)

Le mot parties peut s'entendre de plus d'une façon, mais nous le prenons ici pour parties diverses, et de peur que l'on ne s'y trompe, nous ajoutons ce mot. En effet dans une pièce de 10 mètres de drap, il y a 10 parties, chacune d'un mètre (et l'on pourrait en trouver davantage si l'on voulait) mais

chaque mètre ressemble au suivant, si la pièce est convenablement faite ; et l'on sent qu'un observateur ne va point examiner successivement toutes ces portions d'un tout homogène. Mais que nous rencontrions un arbre, — sa tige, ses feuilles, son branchage, ses fleurs ou ses fruits, et, s'il était abattu, ses racines, pourraient nous intéresser, parce que de ces six parties de l'arbre, aucune ne ressemble à l'autre ; chacune même de ces parties peut se subdiviser en parties nouvelles (sa fleur, si nous examinions la fleur, peut être portée par un pédoncule, protégée d'un calice; elle se compose de pétales ou d'une corolle monopétale; et elle enferme des étamines et un pistil, où le style, le stigmate, l'ovaire ont chacun leur forme, leur organisme, leurs caractères physiques à part. — Quand on étudie géographiquement un pays, on peut de même y distinguer par la pensée plusieurs parties, lesquelles sont des régions ou naturelles ou artificielles, et nécessairement distinctes les unes des autres. Le cours d'un fleuve de même peut être scindé en plusieurs portions très nettement distinctes. (Ainsi, par exemple, le Danube en Allemagne, le Danube en Hongrie, le Danube en Turquie; et les caractères abondent pour empêcher la confusion de ces trois tiers du grand fleuve.)

Parmi les parties, il faut remarquer spécialement celles qui sont similaires ou symétriques, et souvent les compter. Si ce soin n'est pas toujours nécessaire, si, par exemple, il est inutile le plus souvent de savoir combien la dorsale de tel acanthoptérygien contient de rayons, il y en a d'autres pour

lesquels ce soin est indispensable, et d'ailleurs jette incontinent du jour sur ce que l'on étudie. Ainsi la présence de deux nageoires latérales seulement (en d'autres termes l'absence des ventrales) indique un poisson apode, et dès lors l'incertitude sur le genre dans lequel il faudra le placer est moindre. Trois paires de pattes caractérisent l'insecte, cinq paires de pattes le crustacé, tandis que les animaux supérieurs n'ont que les extrémités (ou quelquefois en ont moins). Le moindre coup-d'œil sur un traité de botanique nous apprend combien le nombre des étamines, des sépales, des pétales, des branches qui sortent d'une tige à la même hauteur, fournissent d'heureux caractères pour déterminer la place d'une plante, dans sa nomenclature, et en facilitent la reconnaissance. Souvent on peut se borner à dire qu'il y a beaucoup de certaines parties : *beaucoup*, en ce cas, équivaut à un nombre : ainsi pour les plantes qui ont des *grappes*, des *corymbes*, des *panicules* de fleurs (il suffit de donner le nom du genre de groupe que forment les fleurs agglomérées).

Dans l'arrangement des parties, il y a, comme nous l'avons dit, deux choses à considérer : la situation relative et l'ajustement. C'est examiner la situation relative des fleurs, par exemple, que de voir si elles sont terminales ou si elles se trouvent au milieu d'une branche, si les fleurs, mâles et femelles, sont sur un même pied ou sur deux pieds différents. Dire que les turbots, flétans, limandes, plies, soles, carrelets ont les deux yeux réunis sur un des côtés de la tête, c'est encore indiquer

une situation relative. Mais dire si la corolle est insérée sur ou sous le pistil ou autour du pistil; dire si le pouce est opposable ou non aux quatre autres doigts, dans l'homme et dans le singe (de manière à montrer, dans l'un, l'unique espèce bimane, dans l'autre, l'unique genre quadrumane), c'est faire connaître le mode d'emboîtage, l'articulation, l'ajustement. Même distinction dans beaucoup des produits de l'industrie humaine, et souvent dans la machine la plus simple, dans une poulie, par exemple. Que serait-ce si nous parlions d'une montre, d'une locomotive à vapeur, d'un navire de haut-bord ?

La proportion des parties n'est pas moins essentielle à noter, et, dans bien des cas, fournit des traits éminemment caractéristiques, lesquels, à leur tour, mettent sur la voie de bien des détails moins patents, et même de leurs causes. Quoi de plus remarquable que les colossales défenses de l'éléphant, défenses qui pourtant ne sont que des dents, et que sa trompe qui est une prolongation du nez ? Qui oubliera, dès qu'il l'aura vue une fois, l'inégalité du train de derrière et de devant de la girafe, et l'exiguité relative de son corps faisant contraste avec la longueur de son cou ? L'autruche, si grosse de corps et dont les aîles si faibles sont incapables de l'élever en l'air, ne peut se confondre avec nul oiseau au monde, sauf avec le casoar, mais ce sont deux espèces d'un même genre. Les échassiers se distinguent tous par la longueur de leurs pattes, de telle sorte que les autres caractères ne servent plus qu'à les séparer les uns des autres,

non à distinguer l'ordre entier des autres ordres. Le règne végétal n'est pas moins riche en particularités analogues ; le pétiole qui soutient le fruit de l'acajou, est beaucoup plus gros que le fruit lui-même, etc., etc.

Quant aux qualités relatées dans les nos 8, 9, 10, il n'est personne qui ne croie facile de les bien saisir, et nous nous étendrons peu sur elles. Remarquons pourtant que la phosphorescence, la transparence, l'éclat, peuvent amener un esprit observateur à des résultats aussi brillants qu'inattendus. La distance et la petitesse des satellites de Jupiter rendaient très difficile de déterminer leur rotation, Herschell en vint à bout en remarquant qu'ils se surpassaient alternativement en clarté, et en comparant les maxima et minima d'éclat à leurs positions. Notons, à propos de couleurs, que souvent elles ne sont que temporaires ou accidentelles, et qu'il faut y regarder à deux fois avant de fonder sur elles, comme sur des caractères fondamentaux, des distinctions d'espèce à espèce. A plus forte raison en dira-t-on autant des odeurs. Toutefois, il faut aussi se garder d'exagérer la circonspection même. Il est des corps dont certes l'odeur et la *saveur* sont les caractères les plus reconnaissables, et ne peuvent être confondus avec nul autre (ainsi l'odeur du musc, la saveur de la noix de galle) : Laugier reconnut la nature animale d'une substance brunâtre, recueillie à Caprées, dans la grotte de l'Arc, à son analogie avec l'odeur de l'acide benzoïque. Et les caractères joueraient un rôle plus important s'il

était donné à tous de bien sentir de légères différences en fait de goût et d'odeur, et si, de plus, les langues humaines n'étaient fort indigentes pour exprimer les délicatesses des deux sens qui les jugent. Au reste, on devra toujours au moins tenter de joindre, aux autres caractères plus précis, quelques actions en ce sens.

La pesanteur spécifique, quoique spécialement du ressort des chimistes, et par cela même semblant tomber dans le domaine de l'expérimentateur, est si facile à constater, pour l'ordinaire, que nous ne balançons pas à lui donner rang parmi ces qualités extérieures qu'un observateur étudiera naturellement les premières.

Quant à ce que nous nommons lieu, il y a deux et même trois sens particuliers pour ce mot : 1° il désigne le pays, la portion du globe où se trouve un objet (ainsi le gisement d'un minéral, les stations et habitations d'une plante, etc.) ; 2° il s'emploie pour *milieu* ou genre de lieu, de terrain, d'habitation (ainsi la vigne se plaît à mi-côte, dans une terre caillouteuse et par une exposition chaude ; le scorpion cherche les lieux chauds et humides, etc.) ; 3° enfin, il veut dire lieu astronomique, et alors pour l'indiquer convenablement, il faut fixer les deux ordonnées à l'aide desquels se distingue tout point à la surface soit de notre globe, soit de la voute céleste (longitude et latitude, déclinaison et ascension droite, ou leurs équivalents, hauteur et azimuth), ou même, s'il est question de points dans l'espace, on indiquera les trois coordonnées nécessaires dans ce cas.— A côté du lieu

se range le temps, qu'il y a aussi plusieurs façons de considérer. Tantôt, en effet, on note l'instant précis d'un phénomène (c'est ce qui revient à tout instant en astronomie), ou bien on dit vers quelle époque, vers quelle saison, vers quelle heure, il a lieu (par exemple, la germination ou la floraison, l'hibernement ou la mue, les plus fortes marées, et les moindres variations et déclinaisons du soleil); tantôt on dit quelle est la durée, soit du phénomène, soit de l'être ou de l'objet qu'on examine, combien de mois ou d'années cette plante, cet animal, mettent à se développer, combien ils vivent, etc.

§ 2.

Examen des détails intimes plus cachés ou plus immatériels.

1° *Détails microscopiques.* Nous rangeons d'abord parmi ceux-ci tout ce qui suppose l'emploi du microscope ou du télescope, lorsqu'à l'aide de ces puissants auxiliaires on n'étudie que des qualités et caractères externes. L'incalculable quantité des faits, des êtres et des objets de ce genre, confond l'imagination. Non seulement l'espace contient des millions d'étoiles qui échappent à la vue simple, et le perfectionnement successif des instruments nous a fait apercevoir après les étoiles des six premières grandeurs que peut saisir l'œil nu, et après les étoiles de la septième à la douzième grandeur qui toutes sont télescopiques, encore quatre ordres inférieurs au douzième; mais encore il

est des milliers de plantes, d'insectes et d'autres animaux dont le microscope seul atteste l'existence. S'il en est ainsi de l'être entier, que sera-ce des parties de l'être, tant externes qu'internes !

2° *Parties internes* : ce mot nous mène à une deuxième classe de faits, ce sont les parties internes ou censées internes des objets de l'observation. C'est peu de connaître l'enveloppe, la superficie, même par toutes ses faces : il faut savoir l'intérieur; il faut fouiller sous l'épiderme et interroger les muscles, les veines, les nerfs; il faut pénétrer au cœur. Déjà les corps les plus bruts de la nature, les minéraux qui ne sentent ni ne vivent, qui croissent seulement, ont chacun leur texture, leurs cristaux; et, phénomène inattendu, ces cristaux, qu'on croyait invariablement les mêmes, changent dans des circonstances données. Mitscherlich a vu des cristaux prismatiques de nickel, exposés à un soleil ardent, dans un vase bien clos, changer si complètement de structure intérieure, sans éprouver le moindre changement extérieur, que lorsqu'on venait à les rompre ils se trouvaient composés d'octaèdres à bases carrées. Combien les espèces des deux règnes organiques n'offrent-elles pas de détails plus fins, plus riches, plus mystérieux, et qui se croisent en tous sens, tantôt cachés, tantôt déguisés les uns par les autres ! Quelle variété de structure ! quel dédale de vaisseaux de tout genre ! quel réseau de filaments ligneux, fibreux, osseux, cartilagineux, etc. ! quel admirable ajustement de tous les rouages ! On peut revoir ce que nous avons dit art. VI, § 2; et en

s'inspirant de ces exemples pour en trouver d'autres, on sentira combien ils abondent dans la nature, combien dès lors ils ouvrent à l'observateur, digne de ce nom, un champ plus vaste et plus beau que la superficie des objets. Ainsi se sont immortalisés les Leeuwenhoek, les Swammerdam, les Rugler, les Spallanzani. Ainsi ne faisaient pas les anciens qui, si l'on en excepte quelques génies supérieurs, se demandaient trop à quoi bon de minutieuses perquisitions sur des atomes que leur petitesse dérobe aux yeux (comme s'il y avait quelque chose d'indifférent dans la structure d'un être organisé, ou comme si la moindre parcelle organique ne pouvait pas recéler les plus profonds mystères de l'organisation !) et qui se perdaient en raisonnements creux sur la causalité (sans comprendre que justement par l'examen de ces minimes portioncules des corps, ils se seraient préparés à saisir l'action, le jeu des forces, et, par suite, les causes, immédiates et prochaines du moins, de tout ce qui les étonnait et surpassait leur savoir dans l'organisation de l'univers) : c'est par suite de ces fausses idées que si longtemps la dissection fut prohibée. Si ces préjugés avaient toujours dominé, jamais les sciences n'auraient acquis cette plénitude, cette variété, cette profondeur, qui leur a donné tant de puissance, révélé tant de merveilles, leur a fait faire tant de découvertes utiles aux individus ainsi qu'aux nations.

3° *Organes*. Quand on examine successivement les parties tant internes qu'externes d'un tout, il ne faut pas immédiatement descendre aux par-

celles minimes; mieux vaut d'ordinaire y arriver graduellement par divisions, subdivisions, sous-divisions de subdivisions, et ainsi de suite (Voyez page 142). Il faut alors, autant qu'on peut, laisser ensemble ce qui forme naturellement groupe. Cette recommandation est principalement nécessaire dans l'étude des êtres organisés. Chaque organe ou partie assimilable à un organe doit, pendant un temps, être considéré à part des autres organes ; mais toutes les parties qui composent l'organe ou le groupe doivent être vues ensemble d'abord — puis l'une après l'autre, lorsqu'on veut approfondir — puis encore ensemble — et presque toujours sans en mêler l'étude à celle des parties d'un autre organe. Ainsi, pour reprendre l'exemple de la page 142, si l'on examine un arbre, on considérera à part sa fleur, c'est-à-dire, que l'on considérera en détail toutes les parties de sa fleur ; et alors on n'ira pas, entre l'examen de la corolle et du calice, du calice et du pistil, du pistil et des étamines, intercaler celui des feuilles ou de la racine. En effet, en faisant ainsi marcher les uns à la suite des autres tous les détails d'un même ensemble, non-seulement il y a plus d'ordre, plus de facilité à tout retrouver, mais encore on comprend mieux chaque détail (puisque tous sont liés les uns aux autres), et s'expliquent mutuellement, et l'on se prépare à mieux saisir les fonctions et les actes qu'ils produisent. Les organes, en effet, sont des appareils formés de pièces diverses chez les êtres vivants; le jeu des pièces constitue la fonction de l'appareil; et bien comprendre la liaison des piè-

ces, c'est se préparer à en comprendre le jeu. (Voyez plus bas 6°).

4° *Circonstances.* Les circonstances qui entourent la production ou l'existence d'un fait quelconque, forment une quatrième classe de détails à enregistrer. Pour les animaux et les végétaux, par exemple, dans quel milieu vivent-ils? (sur la terre ou dans les flots? en mer ou dans les rivières? en pleine mer ou vers les côtes et les bas-fonds? entre deux eaux ou, en quelque sorte, attachés au roc?) Quelles eaux alors, quel air, quel sol, contribuent le plus et le mieux à leur alimentation? Quelle température leur plaît surtout, et entre quelles limites oscille la température dont ils peuvent s'accommoder? Quels changements y apportent leurs fonctions (un développement de chaleur accompagne-t-il la fécondation du pistil)? De quoi vivent-ils? Sont-ils ou non parasites, et parasites de qui? Quoi de plus inattendu que de voir, en quelque sorte, chaque animal avoir les siens? On sait que le gui croît sur le chêne et aux dépens du chêne; qui croirait que la vanille, si recherchée, si vantée, est de même le parasite d'un arbre du Mexique? Et enfin, il est des plantes, nous dirions presque des familles de plantes, qui sont parasites d'animaux: telles sont la plupart des urédinées; la clavaria du hanneton vient sur les vers qui produisent la petite espèce des hannetons. De même, si l'on veut connaître à fond les corps inorganiques: les mines de métaux n'existent ou, du moins, n'abondent que dans les montagnes; l'or, sauf quelques exceptions, n'est exploité que dans des pays déjà très

chauds; le diamant ne se trouve que sous l'équateur. Une foule d'indices, mais la plupart très délicats, ou dont il faut habilement saisir l'ensemble, revèle, presque à coup sûr, où la terre recèle les houilles, les marbres, les gypses, les schistes; et toute une science pratique, l'*oryctognosie* se compose de la connaissance de ces indices : la science des sondages (pour puits artésiens) en fait aujourd'hui partie. Une autre science, l'histoire du globe, n'a de bases que la parfaite appréciation des circonstances; la présence ou l'absence de tels ou tels êtres organiques, dans telles ou telles couches, dans tels ou tels terrains, nous indique les grandes catastrophes ou révolutions dont notre planète a pu être le théâtre. En météorologie, en physique, on ne saurait faire un pas sans noter les circonstances, et toutes choses égales d'ailleurs, le plus habile à les saisir toutes, est celui qui verra le plus au fond des faits, qui les coordonnera, les expliquera, les mesurera le mieux, et qui en signalera davantage : c'est que presque toujours les circonstances recèlent la cause. Voilà pourquoi tout physicien, tout chimiste, tout voyageur, tout observateur des objets naturels, ne marche qu'armé de baromètre, de thermomètre, d'hygromètre, d'électromètre, etc.; ce qui ne veut pas dire que ces instruments suffisent à noter toutes les circonstances, car elles varient à l'infini, et tout peut être circonstance. Ainsi, par exemple, la chaleur est souvent un objet principal de l'observation; mais quand on observe que presque toujours les orages ont lieu par un temps chaud,

qu'il y a par l'orage, et à la suite de l'orage, un abaissement de température, etc. ; la chaleur n'est plus qu'une circonstance du développement de l'électricité. Presque tout ce qu'on appelle *expériences* (voyez art. XIII) consiste à varier, autant que possible, des circonstances de phénomènes. Une circonstance variant ou disparaissant, de trois choses l'une, ou le phénomène s'évanouit lui-même, ou il s'affaiblit, s'augmente, change d'aspect, etc., ou il persiste. De ces états divers que présente le phénomène, on peut, lorsqu'on est bien sûr qu'il en est toujours ainsi, conclure si la circonstance est essentielle, influente ou complètement inutile. Toutefois, il ne faut pas se hâter de prononcer que la circonstance est cause : il peut se faire, à toute force, que ce qu'on prend pour circonstance soit effet (la combustion et la fumée, par exemple : la fumée n'est point la cause de la combustion, elle en est l'effet et l'indice ; la lune brille et en même temps l'atmosphère est d'une parfaite sérénité, ce n'est pas la lumière de la lune qui rasserène l'atmosphère, c'est parce que l'atmosphère est sereine qu'on voit briller la lune), et plus souvent encore le fait et la circonstance dérivent d'une même cause (ainsi, en avril ou mai, la nuit, par une température atmosphérique de 4, 5 ou 6 degrés, et par un ciel serein, on voit les feuilles et les bourgeons geler, tandis que la lune brille d'un vif éclat : suivant le proverbe vulgaire, la lumière de la lune rousse gêle ces tendres extrémités des plantes ; en réalité, la sérénité du ciel amène, et pour nous, la possibilité de voir le disque lunaire,

et pour chaque feuille et chaque bourgeon, un refroidissement local qui peut aller à 7 ou 8 degrés audessous de la température ambiante). — En résumé donc, bien apercevoir les coïncidences et concomitances, les manier à volonté, les apprécier à leur juste valeur, et de là, conclure leur rôle, — tel est l'art que nous recommandons, dans ce paragraphe, à l'observateur.

5° *Mouvements*. Il est assez clair que l'on ne connaîtrait qu'imparfaitement les êtres, soit bruts, soit organisés, et leurs parties, si l'on ignorait leurs mouvements. Ces mouvements sont ou communiqués, ou propres : ceux-ci, à leur tour, se divisent en naturels ou instinctifs et volontaires. Les plantes ont des mouvements naturels très marqués. Il a été question plus haut du sommeil des plantes, ou de ce phénomène par lequel tantôt elles ouvrent, tantôt elles ferment leurs pétales; le frémissement des feuilles de quelques autres, notamment de la sensitive, en est un autre exemple frappant et célèbre. Pour les animaux, il est inutile d'insister sur l'importance de ce caractère; il en est (les zoophytes) qui n'ont d'autre mouvement que ceux de la plante; en un mot, qui n'ont point la faculté de locomotion; les plus nombreux, ceux qui peuvent changer de place, ne se meuvent pas tous de la même façon; la marche, la nage, le vol, la reptation, puis les variétés de tous ces modes de locomotion distinguent les classes, les ordres, les genres, après quoi viennent les milliers de mouvements particuliers, la préhension, la nidification, etc., etc. Les mouvements des corps bruts, leur inertie, leur chûte et

leur pente, leur équilibre, tous les faits de statique, et de dynamique, les exceptions apparentes, résultats de l'élasticité ou de la légéreté spécifique, les vents, les courants, les marées, ne sont pas plus faciles à étudier ; ceux-là surtout veulent de la précision ; il ne s'agit pas seulement de savoir qu'ils sont, il faut mesurer leur quotité, déterminer leur direction, et dire quelle force les produit ou pourra les produire. Enfin arrivent les mouvements, qu'il est difficile même de constater, parce que l'énorme volume du corps mobile empèche que l'homme n'en puisse saisir l'ensemble ; tels sont ceux des corps célestes. Notre globe nous semble et doit nous sembler en repos ; le soleil, les étoiles fixes semblent décrire chacun un cercle diurne autour de nous. Savoir à quoi s'en tenir sur ce point, et sur mille autres qui s'y lient, n'a été ni l'œuvre d'un jour, ni l'œuvre d'un siècle, ni l'œuvre d'un homme. Nous consacrerons un article aux moyens qu'on a trouvés de vaincre ces illusions.

6° *Fonctions*. Ce sont, en quelque sorte, les mouvements internes, à l'aide desquels s'exerce la vie. Les corps organisés en ont tous, et elles sont l'objet de la physiologie comme les parties, les organes, les appareils sont ceux de l'anatomie ; comme pour la description des parties, il y a souvent lieu à employer le microscope, à noter les circonstances et les concomitances de faits, à suivre longtemps les variations et transformations d'un même fait. L'observation des fonctions des corps est presque ce qu'il y a de plus délicat au monde, car rien de plus délié et de plus fugace que la plupart de ces

petits mouvements, dont la continuité constitue la mise en action d'une fonction. Mais qu'on n'imagine pas que les corps inorganiques n'ont rien qui ressemble à des fonctions ; la croissance des minéraux par juxtaposition, la chaleur et l'électricité que développent deux corps par le simple contact, les convulsions violentes de notre globe, qui produisent les éruptions volcaniques et les tremblements de terre, ne sont, sans doute pas des fonctions dans le sens propre du mot ; mais, comme les fonctions ce sont des faits internes, délicats, fugitifs, et consistant principalement en mouvements ou changements insensibles, qui se continuent longtemps en silence, font somme, et ne se produisent ou n'éclatent que par des résultats vastes ou terribles.

7° *Sentiments et instincts.* A la suite des mouvements et des fonctions, et s'en distinguant à peine, chez les animaux d'ordre inférieur se manifestent les sentiments et les instincts qui, chez les premiers vertébrés, se rapprochent de l'intelligence. Là encore des faits précieux et variés au-delà de toute expression, sollicitent l'observation. Bien qu'en général les faits de ce genre aient été souvent examinés, et que pour lés hommes du monde, et les hommes de lettres, ils aient eu plus d'attraits que les autres parties de la science ; les hommes de science auraient grand tort de les mépriser. La science ne vaut pas moins parce qu'elle plaît. La connaissance des instincts peut d'ailleurs jeter le plus grand jour sur la physiologie du cerveau et ses fonctions ; elle se lie intimement à la connaissance

des mouvements. De plus, elle est loin d'être épuisée ; et ce qui reste à découvrir en ce champ, non seulement est plus vaste, mais probablement est plus profond et plus intéressant que ce qu'on sait. Au reste cette étude exige infiniment d'adresse, d'esprit, de précautions, pour ne point effaroucher les peureux et les faibles, et ne pas être en danger du côté des forts, pour atteindre la retraite des uns et des autres, et pour y voir clair, pour observer et apercevoir inaperçu, pour décider l'animal, s'il se sent regardé, à montrer ses manœuvres, etc. Enfin, au milieu de tout cela, il faut savoir se garder de l'imagination, qui, trop souvent, dans ce genre de recherches, si elle sait voir les faits, les exagère en plus ou en moins. Quelque admirables que soient plusieurs de leurs ouvrages (les cellules hexagones des abeilles, la toile des araignées, le fil des vers à soie, les nids de divers oiseaux), il ne faudrait pas plus attribuer à ces petits êtres la réflexion qui généralise et la méthode qui combine en sachant ce qu'elle fait, que leur dénier la sensation et l'intelligence. L'incapacité qu'ils ont tous de perfectionner ou de simplifier, et dès lors l'impossibilité du progrès, l'impossibilité aussi pour tout individu des espèces laborieuses de rester oisif (car les exceptions à cette règle ne sont qu'apparentes) montrent qu'ils suivent une pente invincible ; autant il y a corrélation entre leurs organes et leurs besoins, autant il y en a entre quelques sensations qu'ils ont, et qui restent liées les unes aux autres, de sorte que l'une revenant l'autre revienne et donne à cette liaison nécessaire l'apparence d'une liaison logique, c'est-

à-dire d'un raisonnement. De même aussi les signes par lesquels ils se transmettent leurs idées ou sentiments sont peu variés et associés éternellement à certaines sensations : ce sont des airs, des allures singulières, des mouvements de certaines parties du corps, des cris qui ont leur expression propre, et qui indiquent la joie, la crainte, la tristesse, la colère, l'amour, un avis, un encouragement. Au reste, bien qu'en général le progrès soit interdit aux espèces animales, en tant qu'espèces, il n'est pas vrai que jamais il ne se manifeste chez les individus. Ils acquièrent de l'expérience, on ne peut le nier. Les oiseaux ne sont pas tous défiants, mais après avoir vu les leurs tomber sous le plomb du chasseur, ils le deviennent ; les vieux loups sont d'une finesse incroyable, et jamais ne se laissent prendre au piége ; et le succès avec lequel on a tenté d'apprivoiser des lions, des tigres, des hyènes prouve que si jamais ces farouches animaux ne déposent leur caractère, l'homme le modifie pourtant en quelques circonstances et quelques instants.

8° *Caractères physiques et chimiques.* Outre les caractères purement externes, comme la dureté, la couleur, le son, etc., se présentent encore à étudier, 1° l'élasticité, la compressibilité, la ténacité, la ductilité, la malléabilité, la dilatabilité, la densité, la chaleur spécifique et la conductibilité, la cohésion, l'électricité (auxquelles quelques-uns ajouteraient l'opacité ou transparence, et le pouvoir réfringent que nous avons classés plus haut), 2° la composition, les affinités, la fusibilité ou l'aptitude à se volatiliser, et toutes les autres qualités

qui sont des faces ou des résultats de l'affinité. Toutes ces dernières sont des qualités chimiques, les autres sont physiques. Et dans l'une et dans l'autre catégorie, l'art d'observer a fait découvrir, depuis un siècle et demi, une multitude de détails admirables. *Voyez art.* XII et XIII.

ARTICLE X.

EXEMPLE DE PRÉCAUTIONS A PRENDRE ET DE FAUTES A ÉVITER DANS L'OBSERVATION PURE ET SIMPLE.

L'énumération même qui a rempli l'article précédent implique plusieurs préceptes bons à suivre dans l'observation pure et simple. Dire ce qu'il faut ou ce qu'on peut observer, et le dire à peu près dans l'ordre ou plus facile ou moins facile, c'est tracer la marche que l'observateur suivra le plus utilement pour l'ordinaire. Dire d'examiner les parties internes, de descendre, de détails en détails, à ceux qui sont minimes, de s'occuper des fonctions, des mouvements, des instincts, des rapports, c'est recommander à l'observateur de ne point s'en tenir à des remarques superficielles peu profondes et sans portée, que d'autres ont pu faire. En unissant les règles qui ressortent de ces deux paragraphes aux conseils de l'art. XIII, à ceux des art. IV ou V, où il est question des qualités de l'observateur, enfin à des passages, soit sur les collec-

tions, soit sur les instruments, on a déjà plus que les premiers éléments d'un code de l'art d'observer.

Nous ne nous répéterons point, même sous prétexte que ce serait ici le lieu de nous récapituler, mais nous engageons le lecteur à le faire pour nous, en mettant sous forme de lois beaucoup de nos remarques, et en les coordonnant; puis nous avertirons de ne point exagérer, en en faisant une règle stricte, ce que nous disons de l'ordre à suivre (on pourra, suivant les cas et sur des motifs, l'intervertir, y contrevenir totalement), et de ne pas prendre à la lettre non plus ce terme d'observation pure et simple, en croyant que nous voulons qu'on s'en tienne absolument en commençant à l'observation pure et simple. (C'est un ordre didactique que nous suivons, et auquel il serait presque impossible de rester toujours fidèle ; car toujours, à l'examen que nous faisons des objets, par le sens ou les instruments, et aux rapports qu'ils nous font, se mêlent des actes de notre jugement, des présomptions, des hypothèses provisoires, qui provoquent de nouvelles et plus profondes investigations; et fort souvent au milieu d'observations pures et simples on fera des expériences, etc. Et loin de trouver mauvais, qu'il en soit ainsi, nous souhaitons à tous ceux qui observent, cette activité d'esprit, cette facilité de passer d'un mode à l'autre, bien que nous ne disions pas qu'il faille leur obéir à l'instant, et quitter, sans des raisons puissantes, l'ordre que, primitivement, on comptait suivre). Et enfin, avant de passer à d'autres points de l'art d'observer, nous ajouterons à ce qui précède quelques conseils

qu'on peut à volonté regarder comme des répétitions en termes neufs, ou comme des faces jusqu'à ce moment inaperçues, en quelque sorte comme des corollaires de ceux que nous avons donnés, mais qui, à coup sûr, ne seront point inutiles, surtout appuyés par des exemples.

1° De même qu'on a raison de choisir pour objet de ses observations ceux qu'explorent et que pénètrent le mieux les sens, les instruments et les qualités d'esprit dont on se sent pourvu, de même il est bon de les choisir se rapportant à des notions préalablement acquises à des travaux matériels dont on a parfaitement la pratique. Un pharmacien fera des recherches botaniques avec succès ; un médecin s'occupera de zoologie ; un fabricant de toiles peintes, de porcelaines, de verreries, s'il étudie la chimie, fera plus vite qu'un autre des découvertes ; un maître de forges deviendra, sans grande peine, fort en minéralogie. Réaumur, à qui les arts technologiques doivent tant, ainsi que l'histoire naturelle, s'était livré à l'industrie dans sa jeunesse. Mme Lepaute, célèbre par ses observations et ses calculs astronomiques, était la femme d'un horloger, et avait travaillé aux chronomètres qu'elle utilisa si souvent depuis.

2° On doit en quelque sorte aiguiser ses sens, et aussi son attention, pour saisir le plus possible, le mieux possible, toutes les particularités de ce qu'on examine. Bien que par ce procédé tous ne sentent pas et ne voient pas de même, il mène du moins plus près de la vérité. Lors de ce célèbre passage de Vénus sur le Soleil, en 1769, dont il a été parlé,

un grand nombre d'observateurs, non seulement par toute l'Europe, mais dans une même plaine, aux environs de Paris, guettaient le moment du phénomène : il ne fut pas noté par tous comme commençant au même moment précis, et on se convainquit que la différence tenait surtout au plus ou moius de perfection de la vue de ceux qui virent les premiers; mais il est bien clair que le commencement du passage avait eu lieu bien réellement à la fraction de seconde à laquelle le plus prompt des observateurs l'avait aperçu.

3° Ce n'est pas tout de bien manier, de bien monter les instruments, il faut avoir acquis, par l'habitude, le don de les mouvoir et de les ajuster vite, il faut sentir, en quelque sorte, sans voir, si rien ne leur manque, à eux, si nous nous y prenons bien, nous, en les employant; il faut pouvoir, au besoin, mener de front à chaque instant trois choses, mettre l'instrument dans sa position, nous surveiller nous-mêmes, et prendre note des indications qu'il fournit.

4° Pour épargner encore plus le temps, il faut avoir aussi des tables toutes faites pour toutes les réductions, corrélations, positions de lieux et d'étoiles, etc., etc., (nous pourrions dire, pour tout ce qui peut se mesurer, se peser ou se nombrer, volumes, masses, distances, pesanteurs et chaleurs spécifiques, élasticité, etc.) et savoir s'en servir commodément.

5° Pour les observations capitales et de faits essentiellement fugitifs (une éclipse, par exemple, une occultation, un passage), il convient d'avoir son

local, ses instruments, son carnet à observations tout prêts d'avance. La feuille où l'on inscrira ce qu'on veut voir est écrite en partie, et en partie semée de blancs, qu'on remplira successivement, comme l'on remplit ceux d'un passe-port, d'une circulaire, etc.

6° Le plus qu'on peut, il faut garder l'usage d'une main, ou même des deux mains. Un observateur ingénieux en vient à bout parfois, dans des cas où on le croirait impossible. Par exemple, est-on forcé de se servir d'une loupe, on peut avoir des lunettes dont les verres soient des loupes; il reste ainsi une main pour la dissection.

7° Souvent on voit un fait, mais au lieu de le noter simplement, avec l'espoir de le lier un jour avec d'autres, et en en étudiant sérieusement les circonstances, on donne comme observation un motif, qu'on prête très gratuitement à l'auteur du fait, et on s'en tient là; on manque le vrai, et l'on tombe dans le faux. Ainsi, beaucoup de paysans croient (et Aristote a eu tort d'écrire d'après eux) que les abeilles se lestent dans les temps d'orage, pour résister aux vents, avec de petites pierres qu'elles saisissent avec leurs jambes, et emportent dans leur vol. Swammerdam, moins ingénieux à imaginer des motifs, a eu la patience de suivre les mouvements de ces insectes, et les ayant vus appliquer leurs matériaux contre le mur où ils bâtissent leur retraite, il fit connaître le premier la distinction de l'abeille maçonne et de l'abeille commune.

8° Une observation à elle seule peut ne rien apprendre, et une observation subséquente, qui

seule aussi n'est rien, la rend significative et curieuse. Réaumur, étudiant les buccins, qui fournissaient la belle couleur pourpre aux anciens, vit près de plusieurs de ces petits mollusques, attachés à des pierres, de petits grains elliptiques qui y étaient collés. Soupçonnant que ces grains lui donneraient de la pourpre, il en écrasa sur sa manchette, qui effectivement prit cette couleur après avoir jauni. Il rassembla alors beaucoup de ces grains, pour répéter chez lui cette observation; mais aucun des linges qu'il mouilla de leur liqueur ne fut teint en pourpre, et en vain il les approcha du feu, en vain il les trempa d'eau de mer. Cependant un mur enduit de chaux portait des taches rouges, il supposa que c'était une propriété de la chaux de se colorer en pourpre par cette liqueur. Mais finalement, en répétant et variant les observations, il reconnut que le contact de la lumière et de l'air étaient la cause de cette différence et la condition de la coloration en pourpre.

9° Parmi les observations les plus difficiles sont celles de faits qui se passent à l'intérieur de vases ou de réceptacles clos. Réaumur, si ingénieux, a donné un bel exemple, et dont il faut savoir s'inspirer, pour surmonter les obstacles de ce genre. Depuis long-temps on cherchait, et on l'on cherchait en vain à savoir par quelles manœuvres la chrysalide du ver à soie rompait son cocon, et sortait ; Réaumur coupa en deux, et dans le sens de la longueur, des cocons dont l'insecte allait sortir, et collant les moitiés de cocon sur les parois d'un vase de verre avec de petites bandes de papier qui les

tenaient assujéties, il vit ainsi, comme au travers d'autant de fenêtres, toutes les actions de l'animal, occupé à sortir de sa retraite.

10° C'est encore avec de l'adresse, non l'adresse de main si utile cependant, mais cette adresse d'esprit qui saisit tout, et met tout à profit, que l'on se sert d'agents étrangers pour obtenir ce qu'on désire, pour écarter ce qui incommode. Réaumur ne pouvait avoir autant de pucerons et de gallinsectes qu'il le souhaitait pour ses expériences. Que fait-il? Il remarque que les fourmis sont friandes de la liqueur mielleuse évacuée par ces deux espèces, et les fourmis deviennent ses limiers pour lui découvrir des pucerons et des gallinsectes par milliers. Trembley, pour observer les polypes l'hiver, les mit, avec la nourriture qu'ils aimaient, dans des vases tapissés à leur fond de la terre des fossés où ils vivaient; mais il arriva que les polypes embarrassaient leurs bras dans la couche de trémelles, qui tapissait les parois des vaisseaux. Trembley allait se voir forcé de renoncer à son étude, quand, s'apercevant que les limaçons aquatiques se nourrissent de cette plante, il en débarrassa les vases, en y établissant quelques-uns de ces animaux.

11° L'assiduité, la tenacité ne sont pas moins nécessaires que l'adresse, pour mettre hors de doute certaines observations, et les proclamer en sûreté de conscience, vérités. Bonnet a vu et élevé la neuvième génération de pucerons sans accouplement. Pour pouvoir énoncer ce fait sans crainte d'erreur, il se constitua trois mois de suite, et sans interruption, l'argus de nuit et de jour de ces insectes,

et c'est à lui que l'on doit ce fait si curieux d'une espèce animale, en même temps vivipare et ovipare, et dont la génération vivipare se reproduit pendant plusieurs générations par des œufs, et sans copulation, jusqu'à ce que celle-ci redevienne nécessaire et produise de rechef une génération vivipare.

12° Diviser, détacher, écarter les diverses parties (organes, membres, appareils, pièces, articulations et fractions de pièces) qui composent un ensemble, est souvent le plus puissant moyen de trouver la cause d'un fait qu'on étudie. Le papillon à tête de mort produit un bruit impatientant ; quel est la cause de ce bruit ? Réaumur le découvrit en écartant tantôt une des deux lames mobiles et très dures, entre lesquelles sa trompe est logée, tantôt les deux lames. Dans le premier cas, le son n'était que moitié, dans le second il cessait absolument. Il en conclut qu'il provenait du frottement de la trompe, qui est courte et écailleuse entre les deux lames.

13° Dans ce travail de division ou décomposition mécanique des parties, nous recommanderons aussi 1° de ne point presser, froisser, déchirer ce que l'on détache (à moins que justement on ne veuille constater l'effet des lésions), 2° de remarquer, à mesure qu'on détruit l'arragement, quel était cet arrangement.

14° Soit que l'on détruise ou non le corps qu'on étudie, soit qu'on ne l'étudie que pour soi, ou que l'on veuille communiquer à d'autres le fruit de ses veilles, il est de la plus haute utilité de dessiner (et

de colorier) et l'ensemble, et les principales parties de l'objet. de profil, de face et de coupe.

15° Souvent enfin on abrégera les observations sans en diminuer le nombre en réunissant à la fois sous les yeux plusieurs détails relatifs au même objet, et en portant l'attention sur chacun à tour de rôle, à mesure qu'il se présente quelque chose à observer; et l'habile observateur saura toujours trouver des figures qui lui annonceront l'approche du fait qui l'intéresse. Par exemple, pour voir s'opérer la transformation des chenilles qui se lient par le milieu du corps, il ne faut qu'une demi-heure, si l'on sait prévoir ce moment; or, l'expérience apprend que quand les couleurs des chenilles se fanent, que lorsque le vert de la chenille du choux disparaît, la métamorphose va s'accomplir.

ARTICLE XI.

COMMENT, EN DÉPIT DES ILLUSIONS DES SENS, PEUVENT S'ESTIMER EXACTEMENT LES GRANDEURS, DISTANCES, FIGURES, ARRANGEMENTS ET MOUVEMENTS RÉELS DES CORPS.

Les illusions qui nous font juger à faux dans toutes ces circonstances, sont dues, les unes à la faiblesse des organes visuels, les autres, à la nature même de la vue. On l'a dit plus haut, l'œil ne suit immédiatement que les couleurs, et voit tout sur

un même plan, sans dépression et sans saillies ; de plus, il voit tout plus grand quand l'objet est plus voisin, moindre lorsqu'il est plus éloigné. Mais le tact nous a, de très bonne heure, révélé ces erreurs, et nous a si bien appris à en opérer la correction dans l'usage ordinaire, que beaucoup de personnes ignorent qu'ils doivent au tact presque tout ce dont la vue leur donne une indication, fausse en elle-même, mais rectifiée par une rapide opération d'esprit qui est devenue instinct.

Il est des hommes qui poussent très loin cet art de mettre ainsi au net les données de la vue, et qui, en conséquence, jugent infiniment mieux que d'autres la distance, la forme, les angles, etc.

Cependant ceux-là mêmes ne pourraient dire si un angle est de 25° ou de 25° 4', si une tour à 60 mètres ou 60^m et 1 décimètre de hauteur, etc. Et quand les distances deviennent très fortes, la supputation exacte devient de plus en plus impossible, l'espace semble toujours moindre qu'il ne l'est réellement, les objets lointains se relèvent, une éminence légère semble un talus de 50°, la mer, qu'on sait être plus basse au niveau de l'horizon qu'au lieu où l'on est, semble plus haute.

Donc, sitôt qu'il est question d'observation scientifique, c'est à des moyens spéciaux qu'il faut avoir recours.

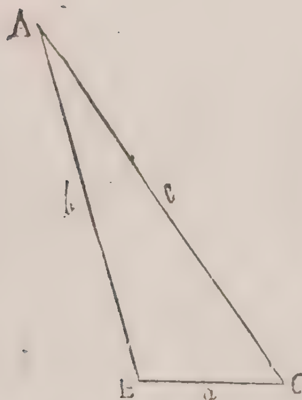
§ I.

Détermination des distances tracées.

La trigonométrie enseigne, étant connus trois

des éléments d'un triangle quelconque, pourvu que ce ne soient pas trois des angles, à en conclure les trois autres éléments, c'est-à-dire deux angles et un côté, ou deux côtés et un angle. — En effet, deux angles étant connus, on sait le troisième (puisque le 3e = 180° — la somme des deux premiers); et deux côtés sont l'un à l'autre comme sont l'un à l'autre les sinus des angles qui leur sont opposés : de là ce principe, *le côté cherché* (ou non donné) *est le côté connu* (ou donné) *multiplié par le sinus de l'angle adjacent opposé au côté cherché, et divisé par le sinus de l'angle opposé au côté connu,* ou cette phrase analytique plus courte.

$$b = a\frac{sin\ B}{sin\ A}$$



Or, vous demander la distance de C, par exemple, (si vous êtes en C) à A, point où vous n'êtes pas et où vous n'irez pas, point inaccessible pour l'instant, c'est vous demander la longueur de la ligne droite qui joindrait C à A ou de la ligne droite C A.

Mais cette ligne, imaginaire et qui existe dans votre pensée (non sur le terrain), elle peut, si vous imaginez deux autres lignes qui la joignent l'une en A, l'autre en C, en formant angle avec

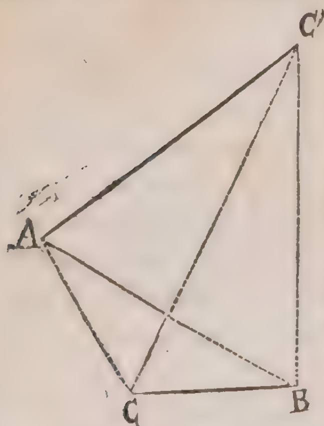
elle et angle entre elles en B, être considérée comme le côté d'un triangle. Faites donc de tête cette construction en choisissant pour B un point accessible peu distant de C, et supposez de A en B la ligne AB, de B en C la ligne BC. Voilà trois côtés, savoir, CA dont *on a demandé et dont* vous *ignorez* la longueur, BA qui va du point B où vous pouvez vous transporter au point inaccessible A, et enfin CB (on donne à ces trois lignes les noms de *b*, de *c* et de *a*); et il est clair qu'on a trois angles, A, B, C (A opposé à *a*, C à *b*, B à *c*). Ceci posé, puisque vous êtes en C, et que B est accessible, vous pouvez mesurer, dès lors vous êtes censé connaître la ligne BC ou la ligne *a*; et comme, de plus, vous savez la direction des deux autres côtés *b* et *c* (lesquels ne sont autre chose que les lignes visuelles, les lignes suivant lesquelles vous mirez ou visez, pour apercevoir le point A), vous pouvez mesurer l'angle que forme *a* avec *b* ou angle, B et l'angle que forme *a* avec *c* ou angle C : dès lors vous êtes censé les connaître tous deux. Quand vous en êtes là, voici la forme que prend le problème en supposant le terrain parfaitement uni : « Etant donnés, la ligne *a* (qu'on nomme la base) et les angles B, C, trouver la ligne *b*. Et voici la solution (pour laquelle il suffit de songer que connaissant B et C on connaît aussi A, qui est ce qu'il faut ajouter à B et C pour faire 180°) : *c* est la base *a*, multipliée par le sinus de B, divisée par le sinus de A (1).

S'il arrivait que les points dont on veut détermi-

---

(1) Notre intention ici n'est point de donner une démonstra-

ner la distance, fussent l'un et l'autre inaccessibles, de sorte que la ligne AC', dont on veut déterminer la longueur, n'eût aucun de ses points coïncidant avec le point où nous sommes, la construction serait un peu plus laborieuse, et il faudrait, du point C où l'on est, et d'un point accessible B, menant deux lignes à A, puis deux lignes à C', et ensuite une base CB, former deux triangles ACB, C'CB : on déterminerait alors AC du premier, CC' du second, comme ci-dessus ; et de là, faisant d'AC et de CC' avec la ligne AC' demandée, un nouveau triangle ACC', on aurait, étant connus, deux côtés et l'angle compris C à trouver le troisième. Or, ce troisième égale AC × le sinus de C, et divisé par le sinus de C'; et (comme AC et C sont connus) il ne reste là que C' d'incertain. Mais un autre principe (l'égalité du rapport entre la somme et la différence de deux côtés, et du rapport entre les tangentes de la demi-somme et la demi-différence des deux angles opposés) donne le moyen de le trouver; et dès lors on sait la valeur d'AC'.



On pourrait ainsi mesurer des distances qui se-

---

tion, nous voulons seulement bien faire saisir la possibilité et la marche de l'opération, et montrer à quoi elle se réduit. Voyez, au besoin, le premier traité venu de Trigonométrie. Si la figure avait B pour C, C pour A, on dirait (comme dans la formule) : *b* est *a* mult. etc.

raient à 20 kilomètres ou plus, et l'inexactitude du résultat, s'il y en avait quelqu'une, viendrait non de la méthode, mais de l'inexactitude avec laquelle on aurait mesuré soit la base CB, soit l'angle C.

Et, en principe, on peut dire on mesurerait de la même façon, la distance de points qui seraient à 1,000, 10,000, 100,000 kil., etc., etc., pourvu, bien entendu, que ces points fussent visibles.

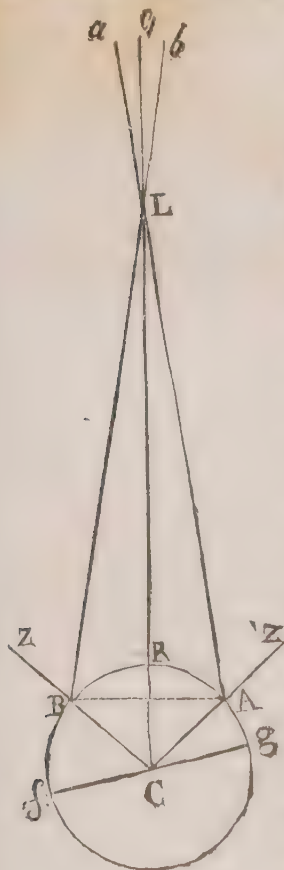
Mais des points, à cette distance, ne sont point visibles sur notre globe, bien moindre en dimensions, et sur lequel d'ailleurs les points, un peu distants, s'abaissent au-dessous de l'horizon par l'effet de la rotondité de la terre. De tels points ne peuvent se voir qu'au-dessus du globe, au-dessus de l'atmosphère, dans l'espace s'il est serein, car là rien n'arrête notre vue, pourvu que l'objet soit suffisamment grand pour être aperçu à la place qu'il occupe.

Seulement, est-il possible que la distance d'un point au-dessus de nous puisse être ainsi déterminée de même que s'il était sur terre? Nul doute à cela; et en y réfléchissant on le sentira sans peine.

On peut ainsi, à l'aide de quelques légères précautions, déterminer la hauteur d'un clocher, d'un nuage, d'un sommet de montagne.

Les objets célestes sont infiniment plus loin de nous que le clocher, le nuage et la montagne ne sont au-dessus de la terre, mais il n'en est pas moins possible, pour quelques-uns d'entre eux, de déterminer de même leur distance; car cette distance, c'est une ligne menée de notre œil (ou plus exactement du centre de notre globe) à l'objet céleste;

et, s'il est possible de construire en notre pensée un triangle dont cette ligne soit un côté, et dont nous connaissions trois choses qui ne soient pas toutes trois des angles, le problème sera de ceux qu'on résout. — Or, c'est facile : que deux observateurs, placés à des points suffisamment distants A, B, regardent l'astre L en même temps, l'on aura ainsi deux lignes visuelles, AL, BL, qui forment un angle entre elles (cet angle, dont l'astre occupe le sommet, est dit angle à l'astre); puis, l'arc BRA de la terre, pris pour une ligne droite, ou plutôt la corde BA qui joindrait les deux points A et B, compléterait le triangle. Et dans ce triangle, en voyant de A l'astre L répondre au point *a* du ciel (1), et de B le même astre, au même moment, répondre au point *b*, comme l'intervalle angulaire d'*a* à *b* est censé connu, on connaîtrait aisément l'angle ALB équivalent d'*a*L*b*, puisque l'on connaîtrait les angles A et B qui sont égaux, et valent chacun

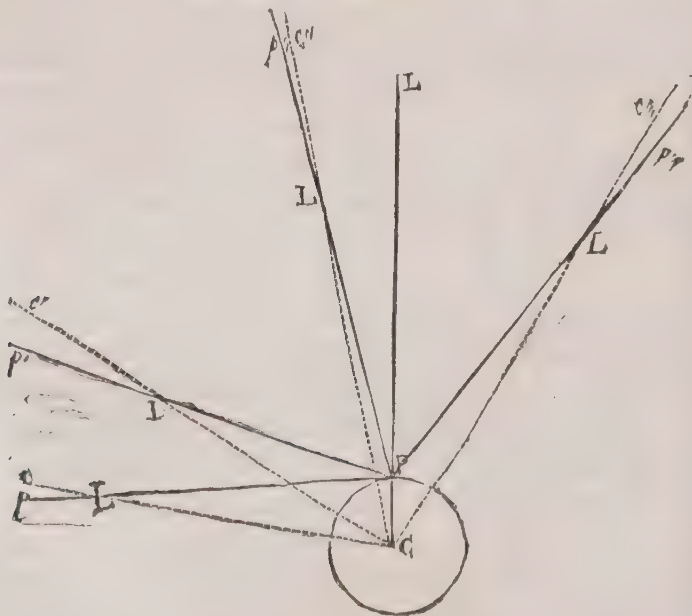


On dit que l'astre L répond au point *a* quand il efface le

moitié de ce qu'il faut ajouter à l'angle L pour faire 180°; enfin, on connaît la corde AB ou double sinus de moitié de l'arc ARB : c'en est plus qu'il ne faut pour trouver LB ou LA. Cet angle L, dont tout dépend, se nomme la *parallaxe*.

La parallaxe est de la plus haute importance en astronomie, la déterminer exactement pour chaque astre qui en est susceptible est le point de départ de toute mesure bien faite. Ce que nous venons de dire suffit pour en faire sentir la possibilité. Mais d'ordinaire c'est autrement qu'on la présente.

D'abord on réduit la parallaxe au centre, c'est-à-dire qu'on suppose deux observateurs, l'un à la surface, l'autre au centre de la terre (par exemple,



point *a*, et empêche de le voir. L efface *a* pour le spectateur

en P et en C) : de P, l'on voit L en p; de C, l'autre voit L en c : l'intervalle pc est la parallaxe. Si L était dans le plan de l'horizon, c'est-à-dire se levait ou se couchait, la parallaxe serait dite *horizontale;* dès que L s'élève au-dessus de l'horizon, on la nomme parallaxe de hauteur; L arrivant au zénith, la parallaxe serait dite zénithale et serait nulle. — La parallaxe horizontale est, de toutes, la plus considérable, et la parallaxe de hauteur va sans cesse diminuant, tandis que la hauteur augmente ainsi que le montre la figure ci-jointe. La parallaxe a pour effet de déprimer la hauteur de l'astre, c'est-à-dire de le faire paraître plus bas qu'il ne l'est en effet ou qu'il ne le paraîtrait vu du centre du globe : c'est le contraire de la réfraction.

Personne, sans doute, n'observe du centre de la terre; mais la parallaxe, ainsi conçue, offre cet avantage, très grand, qu'on établit la proportion suivante (grâce à l'angle rectangle LPC), — la distance d'L à P est au rayon de la terre (PC) comme l'unité est au sinus de la parallaxe ; — d'où résulte ceci que, si l'on connaît la distance, on pourra dire,— le sinus de la parallaxe horizontale égale le rayon de la terre, divisé par cette distance,—et que si, au contraire, on connaît la parallaxe horizontale, mais non la distance, on saura bientôt la distance, puisque réciproquement—la distance égale le rayon de la terre, divisé par le sinus de la parallaxe.

---

placé en **A**, il efface b pour le spectateur en **B**, il effacerait c pour le spectateur en **C**.

La parallaxe du soleil est de 8" 6 ; le sinus de l'arc de 8" 6 est environ un 23984e ; donc, la distance du soleil à la terre est (le rayon terrestre ou) 6367 kilomètres (1432 $^1/_2$ lieues), divisé par un 23984e ; en d'autres termes, 6367 k. $\times$ 23984, par conséquent, environ 152 000 000 de kil.

Du reste, il faut toujours, pour obtenir la parallaxe, deux observations (sinon deux observateurs).

Toutes les parallaxes, horizontale ou de hauteur, sont des parallaxes *géocentriques* ou *diurnes*; elles valent tant qu'il ne s'agit que d'observer les astres voisins de nous : la Lune, Vénus et Mars, Mercure, enfin, le Soleil. Mais elles deviennent trop petites pour être observées quand c'est Jupiter, Saturne, Uranus, ou leurs satellites ou les étoiles fixes que l'on observe. Alors, au lieu de prendre pour petit côté du triangle rectangle, qui multipliera le sinus de la parallaxe horizontale, le rayon terrestre, on prend le rayon de l'orbite terrestre, lequel égale à peu près 6 fois $^1/_3$ la distance solaire, ou environ 150 000 fois le rayon terrestre. C'est ce que l'on appelle parallaxe héliocentrique, ou annuelle, parce que le rayon de l'orbite, qu'on prend pour petit côté, est censé aller du centre du Soleil à un point de l'orbe que la Terre trace autour de lui.

Ce procédé réussit fort bien pour toutes les parties, à nous connues, du système solaire, et nous fournit, dans cette limite, des parallaxes sensibles d'où nous concluons des distances ; mais, quant aux étoiles fixes, il n'en est rien : les plus fortes lentilles, les instruments les plus

précis, aux mains des observateurs les plus minutieux, n'ont pu jamais rien donner qui ressemble à une parallaxe des étoiles. Si une telle parallaxe leur a échappé, bien que réelle, elle était minime, car aujourd'hui nulle observation, dans les grands observatoires, ne peut être entachée d'une erreur qui aille à 1" : la parallaxe inaperçue, mais que l'on eût dû apercevoir, irait donc tout au plus à 1". Or, le sinus de l'arc de 1"= un 200 000ᵉ en nombre rond; donc, il faudrait diviser les 23984 rayons terrestres (distance du Soleil à la Terre) par un 200 000ᵉ; en d'autres termes, il faudrait multiplier 23984 rayons terrestres par 200 000, ce qui donne environ 4800 000 000 de rayons terrestres, ou 30 000 000 000 000 kil. pour avoir le minimum de distance de la Terre à une étoile. Et qui sait de combien ce minimum est inférieur à la vérité ?

Toutefois, cette science négative est bonne du moins à faire comprendre et l'immensité de l'univers, et la petitesse de l'homme; et nul doute, d'ailleurs qu'elle ne prépare et n'accélère le moment où cette grande question, la distance des étoiles, sera enfin résolue.

D'autres dimensions à mesurer sont celles des corps célestes, qui ont un diamètre appréciable : ce diamètre, il faut d'abord le mesurer angulairement, et voir à quel arc il répond; sachant ensuite à quelle distance il est de nous, il est facile de conclure, par les tables de sinus, quel est le diamètre réel.

Ceci nous donne lieu de remarquer que dans tous les calculs que supposent les opérations du

genre de celles dont nous parlons, il n'est pas besoin, à chaque arc nouveau, de calculer le rapport du sinus au rayon. Il existe des tables toutes faites où les lignes trigonométriques usuelles (les sinus en tête) sont calculées et exprimées en fonctions de rayon, pour tous les arcs, de 1" à la demi-circonférence. Ajoutons que pour rendre plus commodes les calculs, ces tables donnent non les valeurs mêmes de ces lignes, mais les logarithmes de ces valeurs, et que, par suite, pour éviter les logarithmes négatifs, on y suppose le rayon égal, non pas à l'unité, mais à 10 billions ou à 10^{10}.

§ II.

Bien discerner l'arrangement et la figure des corps.

Pour l'arrangement des corps, deux cas se présentent : ou ils sont soit dans un même plan, soit sur une même surface plane ou courbe bien connue, ou ils ne sont ni sur une surface de ce genre ni dans un plan. Lors même que c'est le premier cas qui se présente, il faut beaucoup d'ordre et de méthode pour bien saisir et pour bien donner aux autres l'idée de la position des objets. On se rappellera ce que nous avons dit plus haut du lieu et des coordonnées, on choisira bien les lignes fondamentales, on tachera de les croiser habilement, heureusement par d'autres qui établissent et engendrent des relations faciles, on notera les différences ou ressemblances de distances, les arrangements sur une ligne unique et longue, ou ceux qui

offrent plusieurs files parallèles et de front. Ces efforts, pour bien saisir un ensemble, devront être redoublés lorsque les objets ne seront pas compris en un même plan ou attachés à une même surface. Quelquefois, il est vrai, on pourra les considérer comme tels. Toutes les étoiles fixes, par exemple, peuvent être prises pour une constellation unique dont tous les points lucides sont à même distance de nous, cloués à la voûte céleste; mais même alors il ne faut point oublier qu'il n'en est rien, que cette surface est imaginaire, et que les étoiles sont seulement projetées sur elle. Quant aux corps du système planétaire, leurs arrangements si divers et si nombreux, leurs conjonctions, leurs oppositions, leurs quadratures, leurs trines-aspects, leurs éclipses, occultations et passages, nous amènent à parler des mouvements et des moyens d'en bien juger.

§ III.

Règles pour reconnaître, distinguer et évaluer les mouvements.

1° Quand deux corps changent de place l'un relativement à l'autre,—ou tous deux se sont mus, ou un seul s'est mu; mais lequel des deux? C'est ce que le déplacement à lui seul ne revèle pas.

2° Quand un corps trop vaste pour être embrassé d'un coup-d'œil, à la distance où nous en sommes, semble immobile, son immobilité n'est rien moins que certaine (ainsi la Terre).

3° Quand un corps très vaste, peut-être, mais

assez distant pour que nous embrassions d'un coup-d'œil tout son périmètre, et moitié de sa surface semble en mouvement autour de nous, ce mouvement n'est point prouvé (ainsi le soleil).

4° Lorsque nous avons la conscience que nous nous mouvons, que nous nous déplaçons, relativement à d'autres objets, notre mouvement est réel; il en est de même lorsque nous sentons les cahos, le roulis, etc.

5° Lorsque, tandis que nous nous mouvons, les objets autour de nous, qui ne forment point un système, gardent entre eux les mêmes positions relatives, aux effets parallactiques près, bien qu'ils semblent en mouvement, ces objets sont immobiles.

6° Un corps à surface parfaitement homogène, tournant sur lui-même pourrait, et même doit (à de grandes distances) sembler en repos; mais si sa surface présente des particularités visibles pour nous, la rotation s'apercevra. Ainsi les taches du Soleil, de Jupiter, de Saturne ont fait connaître et la rotation et la durée de la rotation de ces astres, toutefois, après qu'on se sera demandé: « Ne seraient-ce pas les taches qui changent de place, tandis que l'astre même reste immobile? peut-il se faire que les taches grandissent, faiblissent, prennent d'autres formes ou d'autres aspects sans changer de place? » — et après que par d'autres considérations on a répondu négativement à ces questions).

7° Des corps très voisins qui se meuvent très lentement, comme l'aiguille d'une montre, ou des corps très éloignés qui se meuvent vite, comme une planète, peuvent nous paraître immobiles, si on ne

les regarde que peu de temps. Telle est l'étoile polaire. Certaines orties de mer ont un mouvement progressif, aussi lent que celui des aiguilles d'une horloge, et parcourent à peine un centimètre par cinq minutes. Aristote, et d'autres après lui, ont cru qu'elles passaient leur vie fixées au même endroit, comme des plantes.

8° Les mouvements très prompts causent aussi des illusions. Un tison qu'on tourne avec rapidité, semble un ruban circulaire lumineux; une corde en vibration prend la forme d'un fuseau : nous croyons à la continuité de toutes ces traces imaginaires, et nous ne voyons pas le mouvement. Cette erreur vient de ce que le tison et la corde reviennent au point d'où ils sont partis, avant que la première sensation, éveillée dans l'organe, se soit éteinte. Ne peut-on soupçonner qu'il est au ciel plus d'un effet de ce genre, et que nous prenons pour continus et pour vastes souvent de simples phénomènes, ceux surtout dans lesquels l'électricité joue un rôle. Une expérience de Wheatstone semble confirmer cette idée. Si la lueur d'un éclair vient à se répandre sur une roue qui tourne assez vite pour que ses rais ne se voient point, ces rais deviennent aussi distincts, pendant un moment, que si la roue était en repos. Wheatstone imagina en conséquence de faire arriver sur un disque de carton, divisé en trois secteurs peints l'un en bleu, l'autre en blanc, le troisième en rouge, un rayon solaire, puis une étincelle électrique, en le faisant tourner très vite. Frappé du rayon solaire, le carton paraissait blanc; éclairé par une étincelle élec-

trique, il semble en repos, et chaque couleur est parfaitement distincte.

9° Un mouvement est vrai lorsqu'il se manifeste par quelque effet réel. Par exemple dans un sphéroïde, un mouvement de rotation doit, en vertu de la force centrifuge qui l'accompagne, et qui tendant à faire échapper chaque molécule fluide par la tangente, la fait du moins refluer obliquement vers l'équateur, amener un aplatissement vers les pôles, un renflement vers l'équateur. Or tel est le cas de notre globe ; le rayon équatorial terrestre surpasse le rayon polaire de 20 660 mètres. C'est une des preuves frappantes de la rotation de la Terre.

10° Pour déterminer si la marche d'un corps en mouvement est uniforme ou inégale, un observateur en repos et au centre du mouvement de ce corps, l'examinera d'abord, pendant le temps de sa révolution, à des intervalles de temps égaux. Si ses instruments lui annoncent qu'en temps égaux il parcourt des espaces inégaux, il conclura d'abord qu'il y a inégalité apparente dans la vitesse ; mais, comme un mouvement uniforme peut paraître plus grand si le corps mu s'approche, ou moindre s'il s'éloigne, il reste à savoir si l'inégalité est réelle ou optique. Au cas où elle n'est pas réelle, elle peut être ou entièrement optique, ou optique et réelle. Comment sortir de cette incertitude? Le voici. La vitesse d'un corps mu uniformément, semble croître pendant qu'il s'approche, en raison de ses diamètres apparents. Donc, si lesdites vitesses croissent en plus forte raison que lesdits

diamètres, il y a, outre l'accélération apparente produite par la proximité, une accélération réelle.

11e Pour reconnaître la véritable forme d'une courbe tracée autour de nous, par un mouvement réel ou apparent, en général il faut une longue suite d'observations, dont la comparaison puisse engendrer des approximations de plus en plus exactes de la vérité. Soient, par exemple, les orbites de Mercure et de Vénus, ces deux planètes plus voisines que nous de l'astre central. On ne savait pas même d'abord cette relation grossière entre elles et la Terre. Le premier pas a été de bien fixer, en suivant jour par jour, et pendant des siècles, leurs conjonctions inférieure et supérieure, et leurs oppositions, leurs élongations, leurs stations et rétrogradations, de bien fixer, disons-nous d'abord, les formes apparentes particulières, ensuite la forme apparente générale de la courbe de ces astres. De là, sachant combien les formes des courbes changent suivant les diverses projections, on examine par la géométrie descriptive de quelle forme réelle la forme apparente générale pourrait être la projection, suivant diverses positions du plan perspectif. Après quoi, par de nouvelles observations, on tachera de déterminer la position de ce plan, ou du moins d'en approcher (et l'on verra, par exemple. que notre œil à nous est presque dans le plan du mouvement de ces planètes, ce qui doit extraordinairement déformer leur orbite apparente). Puis on examinera quel est le centre autour duquel s'exécute l'évolution (est-ce notre globe, est-ce nous? ou bien est-ce, soit une autre planète,

soit le Soleil ?) et l'on étudiera ce que, dans les deux hypothèses qui s'offrent le plus vite à l'esprit (évolution autour de la Terre, évolution autour du Soleil) devient la courbe tracée par les planètes, ou ce qu'elle doit être réellement pour se trouver, par sa projection sur notre plan perspectif, la courbe apparente, déjà décrite. On recherchera aussi les distances relatives de notre globe, et de la planète au Soleil, distances qui seront données par l'élongation. En effet on sait alors quel angle forment les deux lignées tirées de la Terre à la planète, et de la Terre à l'astre ; et si l'on conçoit une troisième ligne menée de la planète à l'astre, cette troisième ligne, ou troisième côté du triangle, qui n'est autre que la distance de la planète à l'astre, est à notre distance à l'astre, comme le sinus de l'angle des deux premiers côtés est au rayon ou à un ; en d'autres termes la fraction qui exprime le sinus dudit angle, exprime aussi ce qu'est la distance de la planète au Soleil, divisée par la distance de la Terre au Soleil. Or celle-ci est connue, ou peut l'ètre (toutefois, il faut fixer ce qu'elle est au moment de l'élongation). Il est facile d'en tirer la distance de la planète à l'astre ; mais même sans aller là, on voit déjà que la courbe a des points entre le Soleil et l'orbite de la Terre (car nous admettons qu'au point où l'on en est alors, on aura reconnu l'évolution de celle-ci autour du Soleil). Des observations ultérieures montreront que tous ses points sont situés de même (c'est-à-dire entre les points de l'orbite terrestre et le Soleil). C'est donc une courbe fermante. Le plus simple est de la supposer cir-

culaire. Cette supposition se prête assez bien aux observations, tant qu'elles sont d'une exactitude médiocre; mais quand elles deviennent précises, on reconnaît son insuffisance par la variation des distances de la planète à l'astre, ou variation du rayon vecteur. Donc, il y a une excentricité, et l'orbite, si c'est une courbe du second degré, serait une ellipse. Déterminant l'excentricité par les moyens que la géométrie enseigne, puis suivant pied à pied ce qui doit arriver dans l'hypothèse de cette excentricité, on ne tarde pas à reconnaître qu'au fond l'idée de l'orbite elliptique est vraie, et que ce qui reste à faire, c'est de préciser tous les éléments, y compris l'excentricité même; et alors on aura les dimensions et la forme tout-à-fait spéciale de la courbe, car bien que toutes les ellipses, par exemple, se ressemblent, autre est la forme de l'ellipse, dont le grand axe ne vaut qu'un 300e en sus du petit, et autre l'ellipse où le petit se trouverait 2 fois, 10 fois, 300 fois ou 3000 fois compris dans le grand.

12° Vu de très loin un corps sphérique (en supposant qu'il soit complètement éclairé pour nous) semble un disque plat, sa convexité disparaît, et un des points de sa surface nous semble le centre. Si donc un corps se meut sur la surface de ce corps sphérique, la ligne qu'il décrira sera projetée par l'œil sur le disque, et de cette projection peuvent résulter des apparences qui représenteront très bizarrement les lignes décrites par la marche du corps. Ainsi, par exemple, les taches du Soleil (lesquelles se meuvent parallèlement à l'équa-

teur solaire, semblent se mouvoir, tantôt suivant des lignes droites, tantôt suivant des ellipses plus ou moins ouvertes. Ce singulier appendice de Saturne, qu'on voit tantôt formant des courbes plus ou moins concaves, plus ou moins convexes à la surface de la planète, avec des espèces de rebords qui semblaient se perdre derrière, tantôt offrant l'aspect d'un filet délié qui croise la planète et la dépasse des deux côtés, a quelque temps embarrassé les astronomes. Le genie pénétrant de Huygens lui fit enfin soupçonner que la courbe, tantôt convexe, tantôt concave, était un arc d'ellipse; que cette ellipse se continuait, se complétait de l'autre côté de la planète; que sa forme plus ou moins plate variait suivant notre situation à l'égard du plan de l'ellipse; que l'époque où elle semble une ligne droite, n'est que celle du plus grand aplatissement apparent; que vue à vol d'oiseau l'ellipse deviendrait un cercle ou à peu près; enfin (à cause du vide indiqué par les rebords lorsque l'apparence est elliptique) que ce cercle n'est pas appliqué à la surface de la planète. De là le nom d'anneau de Saturne donné à ce bizarre satellite; et bientôt, tant par Huygens lui-même que par d'autres, la réalité de cette forme annulaire est devenue un fait populaire, et le point de départ d'observations ultérieures sur Saturne.

ARTICLE XII.

VÉRIFICATION ET CORRECTION DES OBSERVATIONS.

§ I.

Des Corrections.

Presque tous les phénomènes importants de la nature sont compliqués : ils s'effectuent suivant des lois, constantes il est vrai, mais qui ne s'exerçant pas seules, laissent le résultat se produire un peu différent de ce qu'il serait si la loi agissait seule. En conclure que la loi, ou n'est pas juste, ou n'est utile à rien, serait absurde. Il en est des lois physiques comme des hommes en société. Leurs activités se limitent mutuellement, ce qui ne les empêche pas d'être, et il n'y a point de contradiction à cela, l'activité étant la tendance vers l'action, et l'action un résultat de l'activité plus ou moins aidée ou contrariée par les milieux, par les entours. De même les diverses lois physiques se limitent et ne se détruisent pas; elles tendent complètement à produire un effet, elles le produisent complètement ou incomplètement ou plus que complètement, et quelquefois elles n'en produisent aucun, selon que d'autres lois viennent seconder, ou atténuer, ou paralyser leur action. De là, la nécessité de faire subir aux lois certaines corrections, lesquelles ne sont que l'expression de l'action d'autres lois dont l'activité concourt avec celle qui joue le principal rôle dans ce qu'on exa-

mine. C'est ainsi que dans la mesure des hauteurs par le baromètre, on modifie le chiffre, qui résulterait de ce principe, *les hauteurs au-dessus de la première station croissent en proportion arithmétique tandis que les élévations de mercure dans le baromètre décroissent en proportion géométrique,* par la considération de la variation de pesanteur aux diverses latitudes de la variation de température générale dans la colonne mesurée, et de la variation de l'état hygrométrique des couches, tous éléments qui entrent comme facteurs dans la formation du coefficient barométrique, ou correction multiplicative qu'on fait subir au chiffre expression de la diminution de la colonne, tant qu'on ne le calcule que sur le principe ci-dessus. Ces corrections elles-mêmes expriment des lois.

Une foule de faits, que semble attester le sens, nécessitent de même des corrections. Ces faits sont autrement qu'on ne les voit. On en a vu beaucoup d'exemples dans l'article précédent. Quelques-uns sont tous spéciaux, et comme ils reviennent à toute minute dans certaines observations, ils sont classés à part; ce sont l'aberration et la réfraction qui faussent, plus ou moins, toutes les positions que nous attribuons aux corps célestes, sauf en quelques cas rares tant pour l'une que pour l'autre. L'aberration tient à cette particularité que la lumière venue d'un corps céleste frappe notre œil, non perpendiculairement, mais suivant la diagonale du parallélogramme que décideraient la direction perpendiculaire du rayon et le mouvement de la

terre, et produit en conséquence, un déplacement d'arrière en avant dont le maximum est 20" 5. La réfraction causée, on le sait, par la déviation que subissent les rayons lumineux en tombant selon des angles d'incidence variés dans des couches de plus en plus denses, fait croire l'astre plus haut qu'il ne l'est. Au zénith seulement (et parce qu'alors l'angle d'incidence est 0) la réfraction est nulle; à l'horizon, elle est la plus grande possible, et atteint 34'. Pour tout corps dont la position est intermédiaire, sa variation est proportionnelle à la tangente de la distance zénithale, et il faut la joindre à cette distance, puisqu'elle relève, et que pour rétablir la réalité il faut abaisser, ce qui est accroître la distance zénithale.

Ainsi, par exemple, Piazzi, à Palerme, le 7 décembre 1791, déterminait ainsi la déclinaison et le diamètre apparent du soleil (en mesures centésimales, ou de 400° à la circonférence) :

Distance du bord inférieur du soleil au zénith,	67° 7999
Réfraction (à ajouter),	0° 0314
Distance du bord supérieur au zénith,	67° 1938
Réfraction,	0° 0308
Distance vraie du bord sup. au z.	67° 8313
Distance vraie du bord inf. au z.	67° 2246
Demi-somme ou dist. du centre du soleil au z.	67° 5279
Parallaxe (à retrancher),	0° 0023
Distance vraie du centre de l'astre au z.	67° 5256

Distance du z. à l'équateur (ou latitude de l'observatoire de Palerme),	42° 3469
Différence des deux distances, ou déclinaison australe, vu que ladite différence est positive,	25° 1787
Différence des deux distances vraies des bords au z. (ou diamètre apparent),	9° 6067

Cet exemple (qui est des plus simples, et de ceux qui se renouvellent tous les jours) montre bien par quelle série de petites opérations on arrive à un but. Voulant avoir la déclinaison du Soleil, laquelle est l'excès de distance zénithale du centre du Soleil sur la distance zénithale de l'équateur, il a fallu, pour obtenir le premier élément du calcul, huit quantités, dont trois corrections et une moyenne (la moyenne, c'est la distance zénithale du centre, déduit de celle des deux bords); et de plus, il a fallu que chacun des bords fût corrigé de la réfraction, et, la moyenne trouvée il faut encore la corriger de la parallaxe.

Il existe des tables toutes faites pour la réfraction et l'aberration : les astronomes n'ont qu'à prendre, suivant les arcs de distance apparente, les chiffres donnés par elles et à les ajouter pour la réfraction, à les ajouter ou les retrancher pour l'aberration.

Les corrections, au reste, sont de tous les genres, et tantôt multiplicatives ou divisantes, tantôt positives ou négatives. C'est à cette différence qu'il faut faire le plus d'attention dans les commen-

cements. Beaucoup d'usage peut seul préserver d'erreurs sur ce point capital. C'est quelque chose d'incroyable que la facilité avec laquelle même ceux qui possèdent la théorie des phénomènes nécessitant la correction, opèrent celle-ci en sens inverse s'ils commencent à pratiquer, et qu'ils veuillent aller un peu vite, ou que les opérations se multiplient un peu long-temps.

§ II.

Moyennes.

On sait qu'on appelle moyenne, en mathématique, la demi-somme de deux, le tiers de la somme de trois, le quart de la somme de quatre, le cinquième de la somme de cinq quantités, et ainsi de suite. Par exemple, quatre personnes qui ont 100 000, 10 000, 39 000, et 47 000 francs, et deux autres, dont la première n'a rien et la deuxième doit 80 000 francs, ont en moyenne 19 161 francs, car 1°

$$\begin{array}{r} 100\ 000 \text{ francs.} \\ 10\ 000 \\ 39\ 000 \\ 47\ 000 \\ 0 \\ -\ 80\ 000 \\ \hline =\ 115\ 000 \end{array}$$

et 2°

$$\frac{115\ 000}{6} = 19161.\ 61$$

On peut former des moyennes de moyennes,

des moyennes de moyennes de moyennes, etc. Ainsi, par exemple, d'une foule d'observations, par toute la France, divisée en quatre régions égales en superficie, on aura conclu la moyenne de température de chaque région pendant un mois (ce seront quatre moyennes premières); ces observations, continuées pendant cinq autres mois, donneront, pour chaque région, cinq autres moyennes (qui sont aussi des moyennes premières), mais la somme des cinq moyennes de chaque région et de la première moyenne, divisée par six, donnera, pour chaque région, une moyenne seconde, ou moyenne des mois d'été; qu'ensuite, on obtienne semblablement, semblable moyenne seconde (mais moyenne d'hiver) pour chacune des quatre régions, il sera possible de faire, pour chacune, la somme de la moyenne d'été et de la moyenne d'hiver, d'où une moyenne troisième, moyenne de toute l'année; enfin, puisque chacune des quatre régions, a ainsi sa moyenne troisième, qu'on fasse la somme des quatre moyennes troisièmes, et qu'on divise par quatre, on aura une moyenne quatrième, laquelle sera la température moyenne de toute la France.

Les moyennes sont d'un grand usage, dans les sciences, pour généraliser, pour fixer la physionomie des faits, pour coter à leur valeur des faits variables, etc. Elles viennent alors après les observations, et de la justesse de celles-ci dépend, en partie, la justesse de la moyenne.

Mais les moyennes sont aussi des moyens de rendre juste les observations finales. — Quand tout à l'heure, ajoutant les distances zénithales vraies du

bord supérieur et du bord inférieur et prenant moitié de la somme, nous donnions celle-ci comme distance zénithale vraie du centre, nous prenions une moyenne. De même pour toutes les étoiles circompolaires (lesquelles passent deux fois au méridien, ou sont deux fois en culmination) on observe la hauteur vraie de la culmination supérieure, la hauteur vraie de la culmination inférieure, et leur demi-somme est la hauteur vraie de l'astre au-dessus de l'horizon.

Les moyennes reviennent à tout instant et sous toutes les formes : ce que nous en disons ici suffit pour fixer l'attention et les idées sur ce mode, si satisfaisant et si fécond, de vérification.

§ III.

Vérification des instruments et des ingrédiens.

Tròp souvent on voit des observateurs accumuler, en très grand nombre, les observations (comme si c'était le nombre qui leur donnât de la valeur), mais s'attacher médiocrement à les rendre parfaitement exactes et justes. Si l'on a la loyauté scientifique, on en avertit du moins les autres.

Mais en réalité, on rendrait plus de service à la science si l'on avait la patience de vérifier les observations et de savoir à quoi s'en tenir sur leur mérite, et, au cas où elles sont défectueuses, sur la cause de la défectuosité.

Effectivement, il peut se faire qu'une observation, sur laquelle on conservera de l'incertitude, soit fort bonne, et alors il est fâcheux qu'on ne

puisse en proclamer la bonté. Et quant à l'observation imparfaite, non seulement c'est une observation insuffisante, et, dès-lors, à peu près nulle pour la science ; mais comme l'imperfection peut venir ou de la construction de l'instrument ou de la négligence qu'on a mise, soit dans l'ajustement, soit dans l'application du sens à l'objet, il peut se faire que toutes les observations suivantes (même indépendantes de la 1re) deviennent mauvaises, même en y mettant du soin. A quoi bon bien ajuster si l'instrument est mauvais et qu'on l'ignore ? A quoi bon une construction parfaite si l'ajustement est vicieux ?

On doit donc souvent revenir à la vérification des instruments, en vérifier les pièces, les angles, les axes ; on doit de même exercer sur soi-même une censure sévère quant à leur ajustement. Parmi les nombreux moyens qu'on a d'exercer ce contrôle, citons-en un pour que l'on s'en inspire, et qu'on sente combien les procédés les plus faciles sont souvent les plus décisifs : voulant savoir si une ligne est ou non horizontale, on place sur elle le niveau, et la bulle assure les points *a* et *b*, que l'on note, puis on retourne le niveau, et l'on regarde si *a* et *b* limitent exactement la nouvelle bulle : dans ce cas, la ligne est horizontale ; c'est ce que l'on appelle le *retournement*. Il est analogue au *renversement* par lequel on vérifie l'ajustement de l'instrument des passages, et qui consiste à renverser l'axe en le retournant de l'est à l'ouest ; si après ce changement on a les mêmes résultats, si l'on rencontre la mire méridienne au même point, il est clair que la ligne de collimation du télescope sera

bien perpendiculaire à l'axe, et décrira exactement un plan ou grand cercle de la sphère céleste.

Dans les sciences où l'on emploie non-seulement des instruments, mais des substances comme réactifs ou comme éléments, il faut veiller à leur parfaite pureté, ou connaître le degré de pureté.

§ IV.

Répétition et vérification des observations par d'autres observateurs.

Quand une observation est d'une haute importance, quand, par exemple, elle doit être le point de départ d'autres observations, et de mesures et de calculs, il ne faut pas craindre de la répéter. Dans l'admirable mesure de l'arc de méridien, compris entre Formentera et Dunkerque, la latitude de cette dernière station ou station boréale fut déterminée par deux mille cinq cents observations, nombre presque fabuleux, et qui n'est cependant que l'exacte vérité : de ces observations, toutes scrupuleuses (car on n'en admettrait point de négligemment faites), on prend la moyenne, et il est évident qu'on doit ainsi arriver à une grande rigueur.

Il est bien entendu que nous ne prescrivons pas de recommencer ainsi, des centaines et des milliers de fois, les observations; mais même lorsque nous réduisons à deux, trois ou quatre, au plus, à cinq ou six, le nombre des répétitions, on pourra nous dire qu'elles sont inutiles, et qu'il suffit d'avoir bien observé une fois; que de deux choses l'une, ou l'on a mal observé, ce qui revient à dire qu'on

n'a point observé, ou qu'on a bien observé, et dès lors, pourquoi perdre le temps en vérification ? etc. Ces dilemmes tranchants ont plus d'apparence que de réalité. Il ne faut pas dire qu'on n'a point observé, parce que l'observation n'a point été parfaite; et lors même qu'on prend tous les soins imaginables pour que l'observation soit parfaite, on peut encore se méprendre. De plus, on peut, en répétant une observation, se familiariser, en quelque sorte, avec elle, l'exécuter plus pleinement, la pénétrer plus profondément. On remarquera des circonstances, des concomitances jusque-là inaperçues.

Il y a d'ailleurs deux manières de répéter les observations : l'une, c'est de les répéter, autant que possible, telles absolument qu'on les a faites la première fois; l'autre, c'est de les varier dans les détails. Le plus souvent, les variations se présentent d'elles-mêmes, à celui qui ne veut que répéter et rien de plus, et il est plus rare de trouver, dans deux cas similaires, cette similitude parfaite, qui est l'identité, que de trouver, de l'un à l'autre, de légères différences. Ces différences, si elles se rencontrent, on les remarquera, bien qu'on ne les ait point désirées avec autant de soin que si on les eût cherchées; mais des différences qui s'offrent fortuitement, ne sont point assez; il faut que l'observateur se mette lui-même à en chercher. Après avoir modifié un premier détail, il en changera un deuxième, puis un troisième, puis tous, tantôt isolément, tantôt par exemples ou par couples, ou tous ensemble; il fera évanouir ou il introduira des

circonstances; il variera le théâtre ou le champ des observations; il les retournera de mille manières que lui suggéreront la vue même de ce qu'il fait, et le développement de ses propres idées sur le sujet, à mesure qu'il opère. Une branche d'arbre, plantée en terre, s'enracine et devient arbre; il variera cette observation en essayant si de petites branches, si le pétiole des feuilles, si le filet de l'arbre ont aussi le pouvoir de reproduire un arbre entier. Les résines et le verre s'électrisent par frottement; il examinera si tous les corps développent de même l'électricité. Voyant que parfois ils en laissent apercevoir, que le plus souvent ils n'en offrent pas trace, en variant beaucoup la manière de tenir, de poser ces derniers objets, il verra que, portés par les résines et le verre, ils s'électrisent; il dira la distribution de l'électricité sur un cylindre, sur une sphère, sur un plan, sur toute espèce de surface, puis, sur les sphères creuses et cylindres creux, etc., etc.

Une autre manière de varier les observations, c'est d'arriver, par des voies diverses, au même résultat. Ainsi, la figure de la terre a été déterminée par les mesures géodésiques, par les diverses longueurs qu'il faut donner au pendule pour lui faire battre la seconde, par les inégalités de la révolution lunaire. L'on mesure des hauteurs par le baromètre, et par les procédés trigonométriques. L'identité de la foudre et du fluide électrique est prouvée et par la ressemblance de tout ce qui accompagne les grosses charges électriques et leur explosion, et de tout ce qui signale les éclats de la foudre.

On vérifie aussi certaine classe d'observations, celle, par exemple, qui consiste en décomposition et séparation, en rassemblant et reconstruisant de toutes pièces. Cette vérification qu'on peut prendre pour loi, est en même temps une preuve irréfragable, pour fermer la bouche aux autres. Ainsi la décomposition de l'eau a été inconstestable du jour où, combinant deux volumes d'hydrogène et un d'oxigène, on a formé de l'eau. Newton avait décomposé la lumière, par le prisme, en séparant les sept rayons, mais il eût encore pu trouver des incrédules: la reconstruction du rayon solaire, par la réunion des sept rayons colorés en un seul, rendit le fait inconstestable.

Enfin, les faits mêmes dont on se croit sûr doivent être vérifiés par autrui; non pas qu'il faille donner toujours aux autres une confiance absolue et trop grande. Souvent ils peuvent manquer, faute de s'y bien prendre, une observation qui vous réussit (ainsi quand Spallanzani annonça la reproduction de la tête coupée aux limaçons, des naturalistes français la nièrent, parce qu'ils n'obtenaient pas le résultat en question; en effet, les uns coupaient la tête hors des limites où elle peut se reproduire, les autres déchiraient le cou de façon à rendre la plaie mortelle); souvent ils observent plus négligemment, moins habilement (ainsi, après que Cassini avait donné la rotation de Vénus comme de 23 h. 22', ce qui est sa vraie durée, Bianchini vint prétendre qu'elle était de 1 jour et 8 heures). Mais, en général et toutes choses égales d'ailleurs, lorsque les indications nécessaires auront été données avant, et que l'opération de celui

qui répète aura été contrôlée après, on peut compter que les répétitions d'observations ne pourront que confirmer les vérités et que redresser les erreurs. Et, au besoin, on pourrait le prouver par les exemples qui précèdent. Les répétitions mal faites ne peuvent détruire les observations antérieurs. Spallanzani montra comment il fallait s'y prendre pour qu'une tête coupée au limaçon renaquit; et toutes les tables des planètes donnent aujourd'hui, comme temps de la rotation de Vénus, 0 j. 973, ce qui revient à 23 h. 22'.

ARTICLE XIII.

DES EXPÉRIENCES.

Ce qui précède, sur la manière de varier les observations, nous conduit directement à parler des expériences.

On nomme expérience, une opération faite avec dessein sur un objet et amenant un résultat positif ou négatif, que l'on constate.

Bien que faites avec dessein, les expériences pourtant supposent deux états d'esprit très différents et louables tous deux. L'un consiste simplement à désirer des résultats, n'importe lesquels (on étudie un phénomène, un être, un organe, sans pressentir ce que l'expérience y fera apercevoir); dans l'autre, on présume le résultat, on s'y attend, on y vise, et quelquefois même on peut savoir qu'il

doit avoir lieu, et l'on cherche, non point à se le démontrer à soi-même, mais à le rendre éclatant, complet (et par suite, on cherche à quelles conditions ou par quelles circonstances il se produit ou manque de se produire).

En général, lorsque l'on commence l'étude d'un objet qui n'a encore été éclairci par presque aucune étude suivie, on est dans le premier état d'esprit; et l'on avance vers le deuxième à mesure qu'on l'éclaircit ou que d'autres l'éclaircissent. Toutefois, il faut alors savoir se préserver de préjugés et d'idées trop arrêtées : les réalités, dans la nature, sont quelquefois tout autrement ou tout au rebours de ce qu'on imaginerait. Qui se fût attendu, par exemple, à l'ellipticité de la terre? Quand l'isochronisme des oscillations du pendule fut connu, qui se fut attendu à ce que le temps de chaque oscillation, à deux longueurs égales, ne fût pas la même sur toute la terre? Qui eût prévu l'énorme chaleur développée par un circuit voltaïque fermé? Qui eût imaginé, il y a soixante ans, le déplacement du pôle magnétique, et la coexistence de deux pôles magnétiques dans le nord?

A présent, en quoi consiste cette opération, que l'on nomme expérience et qui amène un résultat ou positif ou négatif, que l'on constate?

Elle consiste à mettre l'objet de l'expérience dans des circonstances telles qu'un effet se développe ou ne se développe pas (ou plutôt, car le non-développement d'un effet peut, mathématiquement et rigoureusement, être considéré comme un effet)

dans des circonstances telles qu'un effet se développe.

Dès-lors, il y a trois points à considérer dans une expérience, *l'objet*, *les circonstances*, *l'effet;* ou si l'on veut, il y a dans toute expérience deux données ou masses de données, l'objet et l'ensemble des circonstances, et ce qu'on cherche se nomme effet. Mathématiquement les circonstances sont un coefficient de l'objet, et l'effet est le produit de ces deux facteurs : on peut donc voir dans l'effet une fonction de l'objet sur lequel on expérimente ; on peut y voir aussi une fonction des circonstances. — Toute expérience donc, que l'on en prévoie, ou que l'on en ignore, plus ou moins, le résultat, toute expérience, disons-nous, qui se fait pour la première fois, et qui n'est pas une répétition vérificatrice des expériences d'autrui, implique, au fond, cette question : « Tel objet étant placé en telles circonstances, quel effet est-ce qu'il en résultera ? »

Du reste, on devine que par le terme de circonstances on entend tout aussi bien d'autres objets, mis en présence ou en contact de l'objet regardé comme le principal, qu'un changement de position, de mouvement, de vitesse, en un mot, que ce que nous appellerions volontiers les circonstances immatérielles.

On voit aussi, en rassemblant ce que nous venons de dire, quelle différence sépare l'expérience de l'observation, et aussi quel lien intime les unit. L'observation stricte, si elle examine non-seulement ce qu'est l'objet, mais aussi ce qu'il devient ou ce qu'il produit, dans des circonstances don-

nées, ou par la présence, le contact, ou la combinaison d'autres objets, l'observation stricte, remarquons-le bien, ne va point chercher les objets, ne crée point les circonstances : elle note, mais n'interroge pas, l'expérience interroge et note. Qui niera que celle-ci ne fasse plus, et dès lors, toutes choses égales d'ailleurs, qu'elle ne fasse mieux? On peut nommer cette observation stricte, en quelque sorte expectante, observation passive; l'acte expérimental serait alors l'observation active. Mais en réalité, ce que nous distinguons ici n'existe point à part dans l'usage : nul homme ne fait et ne note des expériences sans avoir, au préalable, été un peu observateur passif, et nul observateur passif, un peu habile, ne manque d'user de son activité pour transporter l'objet qu'il observe au milieu de circonstances nouvelles.

Toutefois, dans l'usage, on nomme le plus souvent —observation, les études où l'on attend, plus qu'on ne crée, les circonstances, et expériences, les actes où on les crée plus qu'on ne les attend; — c'est-à-dire que l'élément dominant imprime son nom au mélange d'observations et d'expériences auxquelles se livre le savant. En général, l'astronomie, les trois grandes branches de l'histoire naturelle, y compris leur annexe essentiel, la paléontologie, la géologie, la géographie, avec la science des voyages, et aussi l'anatomie et la physiologie, qui ne sont au fond qu'une partie d'une partie de l'histoire naturelle, sont censées sciences d'observation; la physique, la chimie, la thérapeutique, sont des sciences expérimentales.

Qu'on ne confonde point, au reste, une science

expérimentale et l'art d'expérimenter : l'art trouve la science. Les théories de l'acoustique, du magnétisme, sont les récapitulés des effets découverts, cent fois produits et reproduits, et reconnus toujours constants, les circonstances étant constantes, par l'expérimentateur.

L'art d'expérimenter s'exerce de bien des manières et peut s'offrir sous bien des formes ; mais au fond, il émane tout entier d'un seul principe (principe déjà proclamé par nous), la variation des circonstances ; et conséquemment il demande surtout la souplesse logique d'esprit. On appelle vulgairement expérimentateurs, ceux qui font des expériences connues, décrites et tombées dans le domaine public : ces hommes ont ordinairement de la dextérité, de l'exercice, et souvent une instruction réelle. Mais pour l'expérimentateur dont il est question ici, pour l'expérimentateur qui fait le premier des expériences, cette dextérité manuelle, matérielle (toute importante et indispensable que nous la savons), n'est qu'un auxiliaire et, en quelque sorte, un reflet de la dextérité d'esprit : la main doit être preste, l'esprit aussi ; la main doit être forte, l'esprit aussi ; la main doit être précise comme un compas, l'esprit aussi.

Ceci posé, les modes divers de variations de circonstances, seront : 1° la graduation ; 2° l'extension ; 3° la prolongation ; 4° la promotion ; 5° l'introduction ; 6° la suppression ; 7° le contre-pied de quelques ou de toutes les circonstances. Des exemples, mieux que tout le reste, éclairciront ce que veulent dire tous ces mots, qui, chacun, embrassent de longues catégories d'opérations.

Un rayon solaire qui passe, par un petit trou circulaire, dans une chambre noire, éprouve, si l'on interpose un prisme sur son passage, une dispersion dans le sens de sa longueur, tandis que la largeur se réduit à un point blanc; et de plus, le rayon allongé se partage en autant de parties qu'il y a de couleurs prismatiques. Newton répète cent fois cette expérience. Mais, d'une part, il varie, il gradue, sur une même substance, les angles d'incidence, et il trouve que plus ces angles sont grands, plus la dispersion augmente; de l'autre, il fait tomber le rayon solaire sur nombre de prismes, de substances différentes, et la dispersion variant, quand les angles d'incidence persévèrent, il trouve que les corps n'ont pas tous le même pouvoir réfringent. Dans la première série de ces expériences il y a *graduation*, et la deuxième aussi doit mener à une graduation, — car une fois trouvées les dispersivités ou pouvoirs dispersifs d'un grand nombre de corps, on a pu les ranger en un tableau, dans l'ordre ascendant ou descendant des puissances dispersives; mais cette deuxième série de recherches nous fournit aussi un exemple de *l'extension* d'une expérience.

Il y a longtemps qu'on sait que la vitesse du son dans l'air à 0 de température est de 332 mètres environ par seconde: en étendant l'expérience on l'a trouvée de plus en plus grande à mesure que la température monte (elle arrive à 342 mètres par 16° 67); et l'on a su que dans l'eau elle est de 1436^{m}, qu'au travers du fer, du verre, de quelques espèces de bois, elle atteint 5662^{m}.

C'est encore étendre les expériences que de plu-

raliser les circonstances ou les êtres, objets et organes regardés comme circonstances, et aussi que de les faire en lieux divers. Ainsi, une fois qu'on eut connu la commotion éprouvée par celui qui touche un corps chargé d'électricité, il devint naturel de vouloir savoir si cette commotion s'étendrait à d'autres, et l'on a su que 1 000, que 10 000, que 100 000 personnes se tenant par la main, ou mis en communication par un corps quelconque, bon conducteur, et électrisé, sentiraient l'ébranlement tous à la seconde même : c'est ce que nous nommons pluraliser l'expérience. Transportée en lieux divers par les navigateurs modernes, la boussole a laissé apercevoir la déclinaison à Colomb et l'inclinaison à Robert-Normann en 1579 : et ce double phénomène, contrariant de prime-abord, puisqu'il diminuait la certitude de l'orientement ou présentait aux navigateurs la perspective de peines nouvelles, est devenu fécond et riche en conséquence, à mesure qu'on l'a étudié davantage sur tous les points du globe, accessibles à la science et à l'Europe. C'est ce que nous appelons la translation des expériences. Un bel exemple de translation d'expériences, c'est celle de l'oiseau mis vivant et s'éteignant par degrés, c'est celle de la cloche agitée et agitée en vain par le récipient de la machine pneumatique à mesure que l'air s'en va, et que le vide s'établit. Il y a donc trois manières d'étendre les circonstances, les changer, les pluraliser, les transférer.

Des minéraux qui semblaient inaltérables ou infusibles au feu, Spallanzani, en prolongeant l'action de la flamme, les a brisés ou fondus. Des corps

sur lesquels la lumière a paru d'abord ne point agir éprouvent finalement son influence d'une manière marquée. Les cristaux rapidement formés sont tendres et imparfaits la plupart; en prolongeant pendant des années entières l'action de courants voltaïques, on opère la cristallisation de certaines substances dures. Probablement, c'est à l'heureux applicateur de ces données qu'est réservée dans l'avenir la formation du diamant, qui n'est que le carbone pur cristallisé, mais qui est le plus dur comme le plus précieux des minéraux. La *prolongation* des expériences aura la principale part dans ce grand résultat.

Nous appelons *promotion* des expériences cet acte, par lequel un effet obtenu, on soumet cet effet lui-même, pris comme objet d'expériences, des épreuves analogues à celles qu'on vient de faire. Ainsi Newton, dont le nom se retrouve si souvent dans les sciences, n'eut pas plutôt décomposé le rayon solaire en 7 rayons colorés qu'il essaya, en faisant tomber chacun d'eux sur le prisme, et suivant toutes les incidences imaginables, de décomposer ces rayons eux-mêmes. Ni lui, ni d'autres n'en sont venus à bout. On a bien pu distinguer des couleurs intermédiaires aux sept couleurs primitives, et le colorigrade en a offert l'ingénieux et magnifique spectacle; mais ces nuances, ces transitions de couleur à couleur ne sont point des rayons particuliers. C'est cette recherche des *effets d'un effet* que nous nommons *promotion*, par analogie avec des puissances de puissances, avec des différentielles de différentielles, etc.

L'*introduction* ou la *suppression* de circon-

stances ne peuvent embarrasser nos lecteurs, et les articles précédents en fourniraient des exemples.

Quant au *contre-pied* des expériences, ou expériences en sens contraire, Duhamel en donna un modèle des plus remarquables, en plantant un arbre ses branches en terre et les racines en l'air : bientôt il vit les racines métamorphosées en branches et les branches en racines. De même, si plaçant verticalement une graine en terre, on tourne la radicule en haut, la plumule vers le bas, l'embryon seminal se retourne et la radicule pousse plus avant en terre des filaments qui deviennent des racines, tandis qu'en haut et vers l'air s'élance, hors de la plumule, la tendre tige de la plante future. D'autres expériences, en sens contraire, ont montré de même la face intérieure des feuilles possédant les propriétés vitales de la radicule, la face extérieure, celles de la plumule.

A l'art de bien expérimenter, appartiennent encore, — et celui d'imaginer ou de perfectionner les instruments — et celui de rendre sensibles, soit par l'accumulation, soit par la délicatesse ou l'excessivité d'un appareil, des phénomènes inaperçus. Tels ont été entre autres la pile voltaïque et le condensateur, la roue dentée de Savart qui donnait 12 000 battements à la seconde, etc., — et enfin l'application aux travaux industriels, principalement à ceux qui tiennent comme le milieu entre les sciences pures et les métiers proprement dits (telles sont la métallurgie, la mécanique, l'agriculture, etc.) Les principes que nous avons posés suffisent pour opérer sans fautes graves dans cette nouvelle sphère, pourvu

qu'on porte une attention toute spéciale, à ce que nous désignons par extension et prolongation des expériences, et qu'à l'habileté expérimentale on sache joindre l'esprit de calcul, qui fixe avec précision le prix de revient, et qui n'accepte pas à la légère le faisable comme utilement réalisable.

ARTICLE XIV.

DES CLASSIFICATIONS ET DES NOMENCLATURES.

§ Ier.

Idée et principe générateur des classifications.

Quand les observations, au lieu de porter sur un objet réellement et matériellement unique (comme le géranium, par exemple, comme l'esturgeon, comme l'émeraude) embrassent un nombre plus ou moins grand d'objets analogues, il devient nécessaire de ranger ces objets avec méthode, ce qu'on nomme les classer, et de leur donner un nom. Souvent aussi un objet unique, après avoir été étudié sous toutes les faces doit être classé, c'est-à-dire, rangé dans la classe à laquelle il appartient, et nommé, afin qu'on puisse le reconnaître, le distinguer de tous les autres. La classification et la nomenclature deviennent donc le complément nécessaire de l'observation, et souvent ils les facilitent.

Tout est mêlé dans la nature suivant des lois, que souvent nous pouvons atteindre; mais nous ne

saurions les atteindre, si nous ne commencions par démêler les diverses parties de la nature. Or, nous démêlons avec d'autant plus de facilité, que nous classons et que nous nommons.

En effet, lorsque nous nommons en général, nous commençons à distinguer ce que nous nommons, donc nous reconnaissons à ce que nous nommons des qualités distinctives. Plus tard, peut-être, nous en reconnaîtrons encore plus; et plus nous en reconnaissons, plus notre notion est complète. Mais n'y en eût-il qu'une, déjà le nom coïnciderait avec l'idée de la qualité distinctive. Il résulte de ceci qu'un nom rappelle, soit la qualité, soit les qualités distinctives par nous aperçues dans un objet; et alors on les rappelle en bloc, d'un coup, simultanément. Evidemment c'est soulager l'intelligence et gagner du temps.

Mais d'autre part, les qualités distinctives des objets ne sont pas aussi nombreuses que les objets distingués. Cela provient de ce qu'une même qualité distinctive se retrouve dans des milliers, dans des millions d'objets. C'est l'association, le groupement des qualités qui varie à l'infini, de sorte qu'au lieu de dire qualités distinctives, on pourrait dire le *groupement distinctif* de qualités communes à plus ou moins d'objets.—Or, pour peu qu'on réfléchisse à cette double vérité, 1° que les qualités sont communes à plus ou moins d'objets, et, dès lors, aucune ne peut à elle seule les distinguer; 2° que réunies diversement entre elles dans l'un, elles ne se trouvent pas dans l'autre, et que dès lors elles distinguent l'un de l'autre,—on sentira que,—au lieu de

disperser son attention sur des objets où les groupements présentent des qualités très dissemblables, —on peut passer en revue les uns après les autres ceux où les groupements présentent toujours, par exemple, quatre qualités qui persistent associées à plusieurs qui varient,— puis ceux où des quatre qualités, toujours visibles naguères, trois seulement persévéreront sous la variété du reste, — puis ceux où des trois qualités deux seulement se maintiendront, le reste changeant, — de là ceux où des quatre ne restera plus qu'une invariable, tandis que les autres différeront, — enfin ceux où les quatre premières seront toutes évanouies. Ajoutons en passant que quand des quatre premières une disparaîtra, ce peut être une quelconque des quatre, et que souvent ce sera chacune des quatre à tour de rôle. Ainsi, dans le groupement des quatre éléments $a \times b \times c \times d$ multipliant des variables diverses, après avoir épuisé toutes les combinaisons réelles de variables unies à ces quatre constantes, on arrivera, non-seulement au groupement $a \times b \times c$ multipliant les variables en même nombre que précédemment ou augmentées de nombre, ou moins nombreuses, mais encore aux groupements

a × b × d × lesdites variables,
a × c × d × les mêmes variables,
b × c × d × les variables.

Et lorsque l'on sera réduit à deux constantes, l'agencement de ces constantes sera sextuple puisque l'on pourra avoir

a × d
b × d

c × d
a × c
b × c
a × b

Et on le retrouvera quadruple quand il n'y aura plus qu'une constante (*a* ou *b* ou *c* ou *d*). — Ceci posé, n'est-il pas clair que — par un ordre qui nous présentera les groupements ainsi rangés, selon qu'ils possèdent un plus grand nombre d'éléments similaires, et que les différences n'y deviennent nombreuses qu'une à une et successivement, — l'intelligence sera en même temps très soulagée, et très éclairée puisqu'elle sera forcée de saisir une multitude de rapports patents, faciles, des êtres entre eux.

Cet art de placer les objets les uns à la suite des autres, de manière à ce que ceux qui sont voisins aient, dans leurs groupements distinctifs, beaucoup d'éléments similaires et communs (en d'autres termes, dans leur *différence totale*, beaucoup de *parties ressemblantes*), est l'art de la classification.

§ II.

Conditions des Classifications.

Deux points, à présent, à remarquer comme conditions de classification : 1° la section indéfinie des groupes ; 2° la hiérarchie des groupements de qualités ou caractères.

(1) *Section indéfinie des groupes.*

On comprend, de reste, que, dès que l'on est ca-

pable d'apercevoir des ressemblances et des différences, ne fût-ce qu'entre une dizaine d'êtres, tantôt on les réunit, par la pensée, en une masse et un groupe, dans lequel on n'aperçoit plus que les qualités communes ou non distinguantes; tantôt, en revanche, on discerne tous ces êtres les uns des autres, vu que pour chacun on ajoute au groupement des qualités communes à tout le groupe, une qualité distinctive ou non commune (et peut-être plusieurs). Ainsi, l'on a un groupe (ce qui n'est pas la même chose qu'un groupement) et des individus. — Mais ce n'est pas tout, et il ne faut pas croire qu'il n'y ait dans les classifications qu'un groupe qui comprend des individus, ou des individus qu'on peut réunir en un groupe. Il peut se faire, au contraire, qu'après avoir ajouté aux qualités communes au groupe, une qualité distinctive, la somme totale des qualités, du nouveau groupement appartienne encore à beaucoup d'individus (non à un seul) et alors tous ces individus forment un groupe , moins nombreux il est vrai que le groupe d'auparavant, mais nombreux encore : c'est comme un *sous-groupe*. Et certes il peut se faire aussi que, lorsqu'aux qualités constantes de ce sous-groupe, on aura joint encore une qualité distinguante variable , la somme totale des qualités du sous-groupe et de chaque qualité ajoutée, convienne encore non à un seul individu, mais à un nouveau groupe d'individus : ce nouveau groupe n'est qu'une fraction du précédent; c'est un *sous-groupe dans un sous-groupe*. On peut ainsi continuer longtemps, on le sent. — Dès-lors que con-

clure ? C'est qu'il est des groupes supérieurs et des groupes inférieurs, comme il est des groupes égaux et, en quelque sorte, parallèles. Comparés l'un à l'autre, un groupe supérieur contient plusieurs groupes inférieurs; il contient, à lui seul, tous les individus de tous les groupes inférieurs; il contient, à lui seul, plus d'individus que chacun de ces groupes inférieurs. En revanche, les qualités qu'implique l'idée du groupe supérieur sont moins nombreuses que celles des groupes inférieurs. Ce sont bien les mêmes êtres qui sont compris dans les groupes supérieurs et dans les groupes inférieurs; et chacun d'eux, par conséquent, a toujours les mêmes qualités. Mais l'esprit n'embrasse pas toujours toutes ces qualités ensemble : et, moins il en embrasse plus l'être se trouve, pour l'instant, dans un groupe supérieur; au contraire, plus il en embrasse, plus il aperçoit l'être venant se ranger dans les groupes inférieurs.

Prenons, pour exemple le gavial. De ses qualités connues, ôtons les dents égales, le museau grêle et très long, c'est un crocodilien; des caractères du crocodilien retranchons encore la presque immobilité de la langue, ce n'est plus qu'un saurien, comprenant également les crocodiles, les lézards, les jeckos, etc.; éliminons encore un des caractères du saurien (écailles avec 4 pieds), notre gavial n'est plus qu'un reptile en général; continuons de même, et ne songeons plus à sa respiration par les poumons (laquelle distingue le reptile du poisson qui respire par des branchies), le reptile est un hémacryme; supprimons cette particularité même du

sang chaud, commune au poisson et au reptile, nous voilà au vertébré; et de même si du vertébré nous cessons d'envisager la vertèbre, nous avons l'animal; si de l'idée de l'animal nous enlevons celle du sentiment, nous retrogradons vers celle d'être organique; si, enfin, dans l'être organique nous ne considérons plus l'organisation, la vie, nous sommes reportés à l'idée d'êtres terrestres en général. — On peut dire que tous ces termes, être, être organique, animal, vertébré, hémacryme, reptile, saurien, crocodilien, gavial sont imparfaitement synonymes. Il y a plus d'êtres que d'êtres organiques, plus d'êtres organiques que d'animaux, plus d'animaux que de vertébrés, plus de vertébrés que d'hémacrymes, plus d'hémacrymes que de reptiles, plus de reptiles que de sauriens, plus de sauriens que de crocodiliens, plus de crocodiliens que de gavials (car les êtres sont ou inorganiques, ou organiques, car les êtres organiques sont ou plantes ou animaux, car les animaux sont ou vertébrés ou invertébrés, car les vertébrés sont ou hémathermes ou hémacrymes, etc.). Mais l'être organique implique plus de qualités que l'être; l'animal en implique plus que l'être organique, le vertébré plus que l'animal, l'hémacryme plus que le vertébré, et ainsi de suite.

Êtres terrestres est donc un groupe supérieur à êtres organiques; êtres organiques est un groupe supérieur à animaux; animaux est un groupe supérieur à vertébrés; et ainsi de suite.

A présent laissant les groupes inégaux, veut-on voir ce que seraient des groupes égaux ou pa-

rallèles?—Que, par exemple, dans le groupe êtres organiques, on dise *plantes* et *animaux*, ces deux mots expriment des groupes inférieurs, mais groupes égaux. Que dans plantes on distingue les acotylédonés et les cotylédonés, comme dans animaux les vertébrés et les invertébrés, les deux groupes inférieurs de plantes et les deux groupes inférieurs d'animaux, chacun égaux entre eux, sont parallèles en même temps qu'égaux.

Les naturalistes, et à leur suite les autres savants, quoique sur une échelle moins vaste, ont donné aux divers groupes, selon leur plus ou moins de supériorité, les noms de règne, classe, ordre, tribu, famille, genre, espèce, variété ; et, pour multiplier le nombre des divisions échelonnées ainsi les unes aux autres, on établit au besoin des sous-règnes, sous-ordres, sous-genres, sous-espèces, sous-variétés, etc., et quelquefois des sections, séries, embranchements de chacune de ces coupes. Les deux mots fondamentaux sont genre et espèce. L'espèce est dans le genre, le genre comprend les espèces. On spécialise en ajoutant au caractère générique quelques qualités, appartenant à une section seulement des êtres qui ont toutes celles du genre ; on généralise, au contraire, si des qualités spéciales on retranche un élément ou deux, de sorte que ce qui reste soit commun à un nombre plus grand d'individus.

(2) *Hiérarchie des caractères.*

Il y a donc classification sitôt qu'on range les êtres en groupes subordonnés les uns aux autres, d'après

les ressemblances et différences. Mais il y a plusieurs manières possibles de constituer cette subordination. On peut prendre indifféremment pour caractère du groupe élévé, un trait de haute importance, et qui semble, soit engendrer ou contenir virtuellement, soit dominer les traits, qui seront successivement ajoutés ensuite, afin de donner naissance aux groupes inférieurs; et l'on pourra prendre indifféremment toute espèce de trait comme caractéristique du groupe. De ces deux modes de distribuer les êtres en groupes, le plus apte à indiquer les vrais rapports des êtres, à tout faire découler de principes peu nombreux et très féconds, à mettre en saillie les rapports de structure (d'où les rapports d'organisation, d'où les rapports de fonctions, etc. etc.), c'est sans contredit le premier. Uu seul exemple ! On divisait, il y a soixante ans, les animaux en quadrupèdes, oiseaux, poissons, amphibies et reptiles, etc., et parmi les quadrupèdes se rangeaient naturellement les tortues, lézards, crapauds, grenouilles, — tandis qu'aux poissons se rapportaient les baleines, dauphins, et autres cétacés, aux amphibies beaucoup de serpents, les crocodiles, les phoques, etc. Or, les fonctions les plus hautes de la vie sont chez les cétacés, toutes différentes de celles des poissons, et tout à fait semblables à celles de la plupart des quadrupèdes : ils mettent au jour des petits vivants (et non des œufs); ils allaitent, ils ont des mamelles ; ils ont le sang chaud, ils respirent par des poumons, ils respirent l'air pur : et du reste, tous ces caractères se tiennent ensemble, l'un amène l'autre presque ir-

résistiblement (les poumons supposent l'air pur, et l'air pur cède son oxigène au sang qu'il échauffe, etc.) Même chose pour les phoques que l'on classait dans les amphibies. En revanche il se trouvait, dans cette même classification, des quadrupèdes qui n'avaient ni sang chaud ni deux poumons, ni mamelles, ni petits vivants, etc. Ceci compris, que l'on suppose réunis en une même classe (n'importe leur forme extérieure, et n'importe l'élément où ils vivent) tous ces animaux qui ont ainsi les appareils de reproduction et de respiration communs, tandis qu'on mettra ensemble tous les êtres à sang froid (qu'ils aient pattes ou nageoires, ou qu'ils n'aient ni l'un ni l'autre), et que pour exprimer la première classe on dise êtres à sang chaud ou *hémathermes* (qu'on divise en deux sous-classes, *mammifères* s'ils ont des mamelles, *oiseaux* s'ils n'en ont pas), tandis qu'on caractérisera la deuxième classe par le mot êtres à sang froid ou *hémacrymes* où l'on distinguera de même deux sous-classes (*reptiles, poissons*), n'est-il pas clair que l'on rapprochera le plus les êtres dont le plan se rapprochera par les détails capitaux, qu'on séparera ceux dont le plan, ou est tout autre, (puisque partout on peut saisir des ressemblances) n'offre en fait de ressemblances, que des détails insignifiants ? Nous apercevrons encore mieux le ridicule de ces classifications par ressemblances prises au hazard en rappelant les deux plus ridicules qui se fassent ou qui aient jamais été faites, l'huître mise au rang des poissons, et la définition que le divin Platon donnait de l'homme : « l'homme

est un être à deux pieds sans plumes (d'où il résulterait que l'homme fait partie de la classe des oiseaux, et en constitue le premier ordre, ou ordre des *aptères*).

C'en est assez pour faire comprendre que des deux modes de classifications le premier est incomparablement le meilleur : on le nomme classification naturelle, par opposition à l'autre, qui est la classe artificielle. En principe, tout le monde convient aujourd'hui que la classification naturelle est la seule qu'il faille admettre dans la science.

Mais la réaliser, l'établir, n'est point aisé. Tout le monde n'a pas le coup-d'œil de l'illustre Cuvier pour reconnaître comme par divination, quel caractère domine, quel est inférieur. Cependant on doit le dire, pour les classes ou sous-classes supérieures, l'ordre des grands groupes supérieurs est déterminé, et variera peu ; dans les invertébrés, il y a encore beaucoup à faire, beaucoup à changer ; et arrivés aux espèces, dans toutes les classes zoologiques, les naturalistes remanient souvent (et n'ont pas toujours grand tort de remanier) la distribution des petits groupes. La botanique a éprouvé depuis Jussieu de moins grands changements, mais le nombre des familles va sans cesse augmentant, parce que des genres, des espèces, sont élevées au rang de familles, vu la quantité de sous-espèces qui se révèlent tous les jours ; parfois aussi se font des transpositions de famille à famille, et l'ordre même des familles varie; enfin, un défaut général de ce système c'est que les groupes intermédiaires (des familles aux classes) manquent absolument.

§ III.

De la Nomenclature.

A la classification se lie, par les nœuds les plus étroits, ce que l'on appelle dans les sciences la nomenclature.

La nomenclature est l'ensemble des noms donnés à tous les objets dont traite cette même science. Ainsi les noms *riz*, *blé*, *maïs*, *avoine*, *sorgho*, *millet*, etc., font partie de la nomenclature phytographique ; *turbot*, *fletan*, *plie*, *carrelet*, *limande*, *sole*, etc., font partie de la nomenclature ichthyologique.

Il ne faut pas confondre les noms qui forment la nomenclature avec les mots techniques ou scientifiques qui désignent des phénomènes ou parties de phénomènes, des organes, des fonctions, que nous pouvons remarquer dans ces objets. Tels seraient en botanique *pétales*, *gousses*, *étamines*, *caryopses*, *plumules*, *bourgeons*, *insertions*, *feuilles lancéolées*, etc. Tels seraient en ichthyologie les mots *branchies*, *dorsales*, *rayons*, *vessies natatoires*, *dents en brosse* ou *dents en velours*. Ces mots, qu'il faut savoir aussi pour savoir une science, forment la terminologie.

Toute science et même tout art manuel, toute industrie, tout commerce a sa terminologie et sa nomenclature ; mais ordinairement une des deux l'emporte. En histoire naturelle, généralement la nomenclature joue le plus grand rôle.

Il serait superflu d'insister sur l'utilité de la no-

menclature. D'abord il est dans notre nature de donner à chaque objet que nous venons à connaître un nom spécial; et ensuite il est clair que par ce nom unique nous récapitulons en un moment tous les caractères d'une longue description, nous nous représentons d'un même coup-d'œil toutes les qualités d'un même objet. Et enfin, c'est là le seul et le vrai moyen commode de parler avec autrui des objets en question.

Mais de même que nos observations (si elles flottaient au hasard) sans suite, sur une foule d'objets sans liaison entre eux ne produiraient que de médiocres et peu nombreux résultats; de même si les noms donnés aux objets des observations n'avaient entre eux aucnn rapport, et n'étaient formés suivant un système, les difficultés qui naîtraient de cette incohérence, rendraient plus longue et plus pénible, l'étude des livres où la science est exposée et même au bout de plus de temps on saurait moins bien.

En général donc on est convenu, en histoire naturelle que tout être qui formerait genre serait désigné par un substantif, et que ce qui serait espèce comprise dans ce genre serait désigné par deux noms, le substantif même, indicatif du genre, et un adjectif convenable. Ainsi, par exemple, parmi les poissons cartilagineux ou chondroptérygiens, qui forment un des grands embranchements de l'ichthyologie. On réunit sous la dénomination générique de raies une foule d'espèces qui, particulièrement, portent les noms composés de raie batys, raie pastenague, raie aigle, raie bouclée, etc. etc.

En minéralogie même, où ce principe était difficile à mettre en pratique, on y est parvenu surtout depuis que la multiplicité des analyses, en faisant connaître les éléments constituants de la molécule intégrante, a permis de pénétrer les analogies naturelles qui lient ensemble des minéraux souvent extrêmement divers d'aspect.

L'analogie censée la plus forte (dans les composés) est celle des corps électro-négatifs. Ainsi, par exemple, il existe quantité de sels de fer, de sels de cuivre, de sels de potassium, etc., et il existe aussi quantité de silicates, de phosphates, de sulfates. Chacun de ces groupes semble former des groupes naturels : mais il est bien clair que si l'on réunit tous les sulfates, par exemple, on aura les sulfates de fer, de cuivre, de potasse, etc., et qu'alors on détruira le groupe des sels de fer, des sels de cuivre, etc., etc.; et réciproquement si l'on maintient ensemble tous les sels de cuivre, tous les sels de fer, et ainsi de suite, au lieu de voir ensemble tous les silicates, tous les nitrates, tous les phosphates, on aura successivement. en parcourant la série des sels d'un même métal, des sels de chacun de ces groupes. Pour quel parti opter en cette occasion? On a opté pour le groupe qui prend son nom de l'élément électro-négatif, et par conséquent pour le premier parti. Tous les silicates donc sont ensemble, et de même tous les phthorates, etc.

Ces noms nous conduisent naturellement à la nomenclature chimique. Ses principes posés par Lavoisier, appliqués par Guyton-Morveau, modifiés en quelques points par les découvertes nouvelles,

sont trop universellement connus pour être répétés ici. On peut d'ailleurs les voir dans le traité de chimie qui fait partie de la collection. Tout ce que nous devons dire ici, c'est que la nomenclature qui jadis était un véritable chaos, et qui, à elle seule, eût pu rebuter à jamais, est depuis ce temps devenue d'une simplicité admirable, et a suffi à désigner des composés nouveaux, sans charger démesurément la mémoire. Et l'idée et l'exécution de cette belle nomenclature sont au nombre des plus heureux exemples qu'on puisse donner de tout ce qu'on peut gagner de temps en commençant par en sacrifier un peu pour fixer le sens du mot, et pour déblayer le terrain. Et une preuve de l'excellence des principes sur lesquels on l'a opérée, c'est que non seulement elle s'est prêtée facilement à diverses modifications, mais encore que les magnifiques découvertes modernes, dues au perpétuel emploi de la pile, l'ont montrée plus parfaitement en harmonie avec la nature intime des choses.

Toutefois elle n'est pas absolument sans défaut. On peut désirer entre autres détails que le changement proposé par Berzélius pour la deuxième partie des noms de sels soit universellement adopté (*sulfate ferrique* au lieu de *sulfate de fer*, *nitrate potassique* pour *nitrate de potasse*). On sait aussi que dans la chimie botanique et dans la chimie minérale, la nomenclature est moins parfaite. Le grand nombre des principes et l'excessive délicatesse des proportions, en rendent suffisamment raison.

Malgré ce qui précède, il ne faudrait pas se faire

illusion sur les nomenclatures en histoire naturelle. Autant il est évident à présent qu'une nomenclature est utile, autant les naturalistes par leur obstination à vouloir chacun proposer la leur, ont mis de confusion dans ce sujet. Il en résulte qu'un même animal, une même plante, une même pierre, portent jusqu'à 6 ou 7 noms scientifiques différents, sans compter quelquefois les substantifs vulgaires par lesquels l'objet était désigné avant que les savants s'en occupassent. De là, souvent la nécessité de commencer, lorsque l'on étudie un objet, par en rechercher la synonymie, c'est-à-dire les diverses dénominations synonymes proposées par les auteurs. Toutefois, lorsque l'on ne veut que connaître superficiellement une science, on pourra se passer, pour presque tous les êtres, de cette revue de termes contestés, et seulement on s'efforcera de puiser cè que l'on veut avoir de notions dans l'ouvrage qui adopte les noms les plus en usage parmi les savants, ou dans l'ouvrage le meilleur (dans l'ouvrage qui, non encore réputé classique, est à la veille de le devenir).

La nomenclature astronomique présente, elle, une particularité singulière. Les planètes ont toutes reçu des noms ; les satellites, si l'on en excepte la Lune, ne sont désignés que par des chiffres, auxquels s'ajoute le nom de la planète principale (ainsi 3ᵉ satellite de Jupiter, 6ᵉ et 7ᵉ satellites de Saturne, etc.) ; les comètes, ou sont sans nom, ou lorsqu'elles en portent, n'en ont pas d'autres que celui de l'année où elles ont été observées, ou de leur période présumée, ou de l'observateur qui les a

étudiées (ainsi la comète de Henke, la comète de 1576 ans, etc.) ; enfin les étoiles qui, de tous les corps célestes, sont incontestablement les plus nombreux pour nous, sont désignées, tantôt par un nom propre (Arcture, Sirius, Véga, Canope, la Chèvre, etc.), tantôt, et c'est le plus fréquent, par une lettre grecque ou par un chiffre auquel on ajoute le nom de la constellation, dont elles font dartie (*o* de la Baleine, 61 de la Lyre). Quant aux constellations, ce sont des groupes d'étoiles, qui, quelquefois, forment un assemblage assez naturel, mais qui, la plupart du temps, sont fort mal réunis. Au reste, lors même que le groupe est naturel, il ne l'est que pour notre œil, et par un effet de projection qui nous montre tous les astres d'un groupe comme voisins les uns des autres; mais rien ne prouve qu'ils le soient, et, lors même qu'ils le seraient, nous ne saurions en conclure aucune sorte d'affinité entre eux, comme nous en trouvons entre les divers genres de la famille des liliacées, entre les diverses espèces du genre aigle. Au total, les constellations telles qu'elles existent, sont plus faites pour embarrasser que pour aider les commençants, et il serait fort heureux que l'on pût n'en plus parler. Mais comme jamais, sans doute, on n'en viendra là, le plus simple est de tâcher de s'y reconnaître le plus vite possible, ce qui se peut bien vite avec un peu d'habitude pour les deux ou trois cents étoiles les plus visibles sous notre latitude. Quant aux autres, comme rien ne ressemble plus à une étoile qu'une étoile, dès que l'on descend à la 4e ou 5e grandeur on ne peut les reconnaître que par des points ou

lignes de repère et en constatant bien leur position tant absolue que relative lorsqu'on se propose de faire une observation. On a donc fait bien sagement quand au lieu de s'épuiser l'imagination à leur donner des noms on a eu recours aux lettres, puis aux numéros. Disons au reste que même les belles et grandes étoiles, quoique ayant un nom propre, sont aussi désignées par des lettres; en général ce sont par les lettres initiales de l'alphabet. Ainsi *Véga* est *alpha de la Lyre*, *Fomalhaut*, *alpha du Poisson*; *Castor* et *Pollux* sont *alpha* et *bêta des Gémeaux*, etc.

ARTICLE XV.

DE LA GÉNÉRALISATION ET DE L'INDUCTION.

Tout ce dont il vient d'être question à propos de classifications et de nomenclature, suppose entre autres procédés de la réflexion celui qu'on nomme généralisation. En effet, pour passer, comme nous le recommandons, de l'individu à la variété, de la variété à l'espèce, de l'espèce au genre, du genre à l'ordre, et ainsi de suite, il fallait (on vient de le dire) mettre de côté pour un temps les qualités distinctives du groupe au-dessus duquel on tendait à s'élever, et n'apercevoir, au lieu d'elles, que des qualités qui conviennent à une plus grande généralité d'êtres; et diriger ainsi sa pensée, de façon à embrasser moins de qualités, mais plus d'êtres, c'est généraliser.

Mais il y a encore une autre manière de réfléchir et de généraliser, c'est celle par laquelle on arrive à lier les faits, et par suite à trouver leur cause, à dire la loi qui les régit. Bien que cet emploi de la réflexion, cette mise en œuvre de la généralisation ne soient plus de l'observation proprement dite, comme l'observation les précède nécessairement, et comme elles couronnent l'observation, dont elles somment et condensent les plus précieux résultats, on ne regrettera pas de nous entendre en dire quelques mots.

Le grand principe qui nous mène à l'induction c'est la conviction que dans la nature il n'est point d'effet sans cause, et qu'une cause produit des milliers, des millions d'effets. Connaître les causes est donc déjà un bon calcul, si l'on ne veut qu'économiser le temps et la peine. Mais c'est de plus quelque chose de plus profond et de plus grand. Par cette étude des causes, pour peu qu'elle soit bien faite, on se sent comme élevé au-dessus de l'observation vulgaire, on plane au-dessus d'une grande quantité de faits. Une autre fruit de l'exacte connaissance des causes, c'est qu'elle aide à vérifier les phénomènes, comme de leur côté les phénomènes aident à déterminer plus exactement les causes. Ainsi, par exemple — quand, après que Lavoisier eut mis hors de doute que la combustion s'opérait en vertu de la combinaison de l'oxigène avec les corps combustibles, et que l'acidification était un phénomène de même genre que la combustion, on en vint à penser, on écrivit, on répéta pendant 24 ans au moins, que tout acide se compose et d'un combustible et

d'oxigène en certaine quantité plus forte que dans l'oxide, cette généralisation trop vaste, fournit pourtant l'occasion de découvrir, par l'analyse, des acides où l'élément acidifiable recevait son acidification de l'hydrogène (témoin les acides hydrochlorique, hydrophthorique, hydrosulfurique, etc.). Alors on crut qu'à ces deux éléments, l'hydrogène et l'oxigène, appartient la propriété de former des acides, et l'on divisa tous les acides en oxacides et hydracides; mais bientôt on reconnut que quelques autres métalloïdes combinés deux à deux, fournissent aussi des acides, et finalement on parvint à cette loi que tout élément électro-négatif s'unissant à un élément moins électro-négatif que lui, peut produire l'acidification.

La cause ou la loi qui explique les faits par nous observés n'est pas toujours une cause inconnue; le plus souvent, au contraire, elle a été proclamée depuis long-temps, et conséquemment la première chose que nous avons à faire lorsque nous passons du fait strict à la cause, c'est de demander l'explication aux causes déjà signalées. Tantôt cette explication se montre d'elle-même; tantôt elle est un peu plus laborieuse, et déjà il y a certaine gloire à rattacher les phénomènes observés à la cause engendrante; tantôt enfin ou il faut, pour apercevoir la liaison, pour expliquer la dérivation, un travail immense et tout particulier (telle fut, par exemple, l'explication par Laplace de cette célèbre perturbation de la Lune, connue sous le nom d'*accélération*, et qui tient à la diminution de l'excentricité de l'orbite terrestre), ou bien la cause, la loi formulées

jadis, doivent être exprimées en termes autres, plus précis, ou bien se trouvent n'être qu'un cas de la loi plus générale qui engendre tous les phénomènes analogues (de ce dernier genre est la modification qui substitua au principe de l'acidification par l'oxigène, celui de l'acidification par l'hydrogène, principe qui, plus vaste déjà, céda le pas à un principe plus élevé, l'acidification par l'élément électro-négatif, et s'y trouva compris). Et à cette occasion remarquons avec combien de circonspection on doit passer des observations à leur généralisation ou récapitulation. Vous vous êtes aperçu que l'oxigène acidifie ; mais au lieu de dire simplement «L'oxigène (en plus forte quantité que dans l'oxide) acidifie, » vous dites, « L'oxigène seul acidifie, » voilà une erreur, et cela parce l'on s'est trop pressé, parce que l'on s'est hâté de métamorphoser la généralité en loi. De même dans ces deux phrases, « Et l'oxigène et l'hydrogène acidifient, » puis « Il n'existe d'acides que les oxacides et les hydracides ; » rien de plus juste que la première (laquelle, si elle n'exprime pas tout le vrai, n'exprime rien que du vrai) ; mais à la deuxième, bien qu'elle ait peu d'exceptions, l'acide phthoro-borique, et quelques autres viennent donner presque immédiatement un démenti.

Donnons donc quelques préceptes relativement à la manière de procéder dans la recherche des causes :

1° Il faut qu'il y ait connexion invariable, et surtout invariable antécédence de causes et conséquence d'effet, à moins de quelque circonstance

qui vienne la détruire. — Dans l'examen de ces coïncidences on éprouve souvent de l'embarras de deux façons : tantôt l'effet se produit graduellement, la cause croissant en intensité, de manière que l'antécédence de celle-ci est difficile à établir ; tantôt l'effet suit si précipitamment la cause, qu'on ne peut saisir l'intervalle qui les sépare.

2° Il faut que dans l'absence de la cause, il y ait absence constante de l'effet, sauf s'il y a, comme dans le cas précédent, intervention de quelque autre cause qui puisse produire le même résultat (mais dès lors le résultat ne provient pas d'une cause unique).

3° Suite du deuxième principe : la cause est-elle supprimée (nous ne disons plus absente tout simplement), il faut aussi que l'effet cesse d'exister.

4° Si la cause supposée au lieu d'être supprimée diminuait ou augmentait, que l'intensité de l'effet ou perde ou acquière de l'intensité proportionnellement à cette variation.

5° Qu'on craigne long-temps, même quand deux phénomènes se suivent, de prononcer que le premier est cause ; car il est possible que lui aussi soit seulement effet, et qu'il provienne d'une même cause originelle : le bruit de la foudre et l'éclair en sont des exemples frappants ; l'éclair précède, et tout le monde sait qu'il n'est pas la cause du bruit (une même cause, le dégagement de l'electricité produit en même temps les deux phénomènes, mais la célérité de la lumière surpasse des milliers de fois celle du son).

6° En revanche, qu'on ne nie pas toujours l'ac-

tion d'une cause, parce que l'on ne peut expliquer comment se produit l'effet, ou que même on ne peut concevoir comment elle existe au moment où l'effet se fait sentir. Voyons le Soleil : comment la chaleur peut-elle produire de la lumière? Nous ne savons. Comment semblable chaleur peut-elle se maintenir? Nous ne savons. Cependant il serait insensé de mettre en doute et la propriété calorifique des rayons lumineux, et la longue permanence de la chaleur du Soleil.

7° Arriver à constater ou bien à produire deux faits qui coïncident exactement dans tous les points, sauf un, et diffèrent dans celui-là seul, est très précieux. C'est un indice de l'importance de ce point dans la production du phénomène, pourvu que la justesse de l'expérience soit inattaquable. Il reste alors à examiner si l'absence de circonstance fait cesser le phénomène, ou s'il en modifie l'intensité. Dans le premier cas il est cause principale, dans le second il est cause concourante.

8° Enfin, quand les phénomènes ont plusieurs causes, soit concordantes, soit opposées et indépendantes, et par conséquent sont très opposées, il faut s'appliquer à la simplifier. C'est ce que l'on opère par une espèce d'élimination, laquelle consiste à noter l'effet des causes qui sont connues, autant du moins que le permet l'état de la question, et en réduisant le phénomène à une sorte de résidu, et dont il faut chercher l'explication. Au terme où sont arrivées aujourd'hui les sciences, c'est de tous les procédés le plus utile, et le seul qui puisse mener à des découvertes importantes. Il n'est

en quelque sorte pas un phénomène qui n'ait été l'objet de recherches plus ou moins heureuses, et dont on n'ait, tolérablement le plus souvent, assigné quelques-unes des causes. Mais que l'on reprenne l'examen de point en point, qu'on dissèque toutes les parties du phénomène, que l'on évalue bien l'effet de chaque cause assignée précédemment, et fort souvent, après ce triage, on trouvera un reliquat inexpliqué, reliquat qui constamment se présentera sous la forme d'un phénomène, en même temps neuf et apte à conduire aux conclusions les plus graves. C'est en reprenant ainsi des questions déjà traitées, et en concentrant toutes les puissances de leur génie sur les reliquats, que Laplace a donné son admirable théorie des marées, si supérieure à tout ce qu'avaient dit successivement sur ce phénomène si étrangement compliqué les Newton, les Daniel Bernouilli, les Euler, les d'Alembert, les Lalande. C'est ainsi qu'Arfwedson a trouvé la lithine, c'est ainsi qu'ont été découverts l'iode, le brôme, le sélénium, les nouveaux métaux qui accompagnent le platine dans les expériences de Wollaston et de Tennant, et une foule de principes vétégaux très importants. C'est ainsi que Kepler fit faire enfin à l'astronomie planétaire ce pas décisif, que les orbites des planètes sont, non pas des cercles, mais des ellipses ; et c'est ainsi qu'à force de combiner des observations que nulle loi, nulle théorie ne pouvait lier ensemble, il formula ses deux autres lois , dont une surtout, celle de la proportionalité des carrés des temps aux cubes des grands axes, est la preuve de la sagacité comme de la patience la plus rare. Cet exemple, au reste, a

encore ceci de précieux, qu'il peut nous montrer comment les diverses inductions s'élèvent les unes au-dessus des autres, donnant des résultats de plus en plus généraux, et qui finissent par devenir universels. On peut ainsi distinguer comme trois ordres d'inductions, qui correspondent aussi en quelque sorte à trois états de la science. L'induction première consiste à lier ensemble les phénomènes donnés par les premières observations, lesquelles au reste doivent être dejà fort nombreuses (la reconnaissance du mouvement général d'est à ouest, et les premières explications des éclipses, les premiers calendriers, etc., etc., sont de cet ordre). Ensuite viennent les grandes théories qui essaient de lier ensemble un grand nombre d'inductions prouvées, comme les inductions lient quantité d'observations, et qui en même temps précisent, corrigent, limitent ces inductions même ; on peut les nommer inductions du second ordre (les grands cycles de 19 et de 76 ans, la correction grégorienne, les mesures de degrés de méridien, la fixation de la période de rétrogradation des équinoxes, et une foule d'autres grandes découvertes appartiennent à cet ordre). Sur la limite de ce second ordre et du troisième apparaissent des lois comme celles de Kepler ; et peut-être ne concevrait-on rien de plus élevé, si Newton en les réunissant en une seule, n'eût en même temps et donné les trois lois comme trois faits, et assigné la cause, la force unique dont les trois lois sont le déploiement, déploiement que la *mécanique céleste* suit dans tous ses effets et dans toutes ses phases. Mais quelque hautes que soient ces hardies

inductions du troisième ordre, elles n'auraient pas lieu sans celles du second, pas plus que celles-ci sans celles du premier; et nous le répétons, ces dernières ne sont venues elles-mêmes qu'à la suite et en vertu de l'observation.

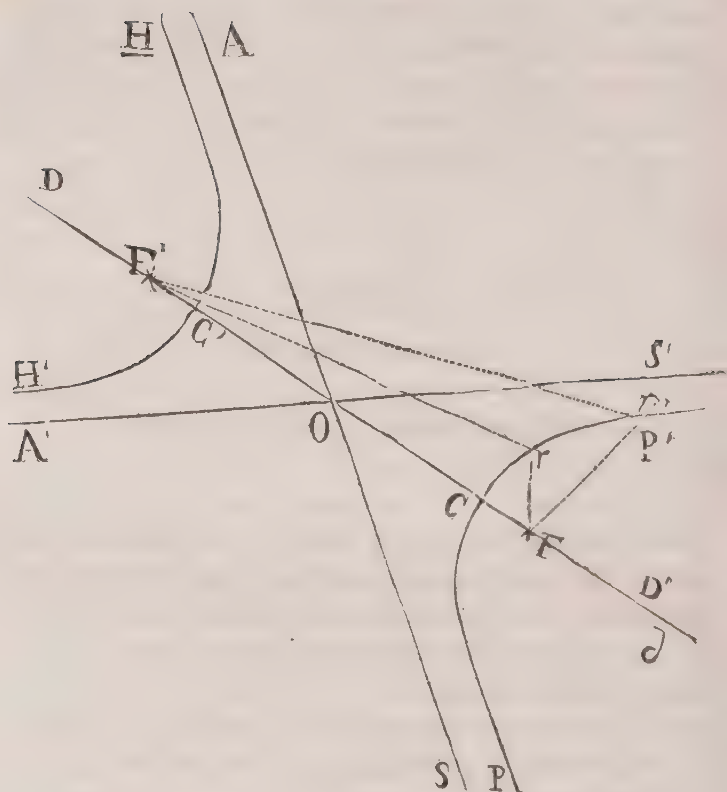
NOTE

(*pour la page* 30.)

QUELQUES MOTS SUR L'HYPERBOLE.

L'hyperbole est une des trois *courbes du deuxième degré*, et une des cinq sections coniques que trace à la surface convexe d'un cône un plan coupant. Les quatre autres sections sont *l'angle isoscèle* (ou si l'on veut le triangle), le *cercle*, l'*ellipse* et la *parabole*.

Il y a plusieurs variétés d'hyperboles; mais la seule dont il soit raisonnable de parler ici, est l'hyperbole droite.



La figure ci-jointe en représente une ou plutôt en représente une partie ; car entre autres propriétés l'hyperbole possède celle de s'étendre indéfiniment en deux sens.

Les *portions d'hyperbole* sont ici HCH' et PCP'. Les points C' et C sont leur *sommets* respectifs ; C'H, C'H' sont les *branches* de la première portion ; CP, CP' les branches de la deuxième. Ce sont ces branches qui s'étendent indéfiniment, les deux premières vers le haut (et non vers le bas)

les deux secondes vers le bas (et non vers le haut) (ou si l'on faisait faire à la figure un quart de conversion, les deux premières vers la gauche, les deux secondes vers la droite).

Quelquefois on appelle hyperbole une seule des portions, alors l'hyperbole n'a que deux branches ; le plus souvent les deux portions ensemble forment l'hyperbole ; quatre branches alors la composent.

Ce que l'hyperbole présente de bizarre dès le premier aspect, c'est d'être ainsi formée de deux parties non contiguës : dans tout l'espace à partir de C' et en montant, dans tout l'espace à partir de C et en baissant, la courbe a deux points placés sur toute ligne qui couperait D*d*; mais dans l'espace C'C elle n'en a aucun, en termes analytiques, dans cet espace, elle *n'a pas lieu.*

Ladite ligne D*d* qui rencontre les deux portions de l'hyperbole, l'une en C', l'autre en C, et qui la partage en deux moitiés symétriques telles que si l'on pliait la figure dans le sens D*d*, CP' coïnciderait avec CP, et C'H' avec C'H se nomme *axe transverse* ; — et, si sur son milieu O on élevait une perpendiculaire, celle-ci (qui a nom *axe non-transverse*) partagerait aussi la courbe en portions symétriques, de sorte qu'en pliant le papier sur ce second axe, sa portion P'CP tomberait sur HCH' (en d'autres termes, par la seconde plicature les deux branches d'une même portion se confondent, tandis que, par la première, les branches de P tombent sur celles de H, mais les branches d'une même portion divergent toujours.

Sur l'axe transverse, indépendamment de D et *d* qui n'ont pas de place fixe, indépendamment de C' et de C dont la place est déterminée, se trouvent deux autres points F' et F. Ils sont de la plus haute importance. On les nomme *foyers*. Ils sont chacun *à l'intérieur* d'une portion de la courbe ; et du sommet respectif (C' ou C) à chacun d'eux il y a distance, mais distance égale.

Ainsi C'F' = CF ; — et (comme d'autre part O est le milieu de la distance des sommets ou de l'*entre-sommet* C'C), OF' (qui est OC' + C'F') = OF (qui est OC + CF). — De plus il est clair que C'C est plus petit que F' F et même que F'C ou que C'F. — Mais si de CF' on retranchait C'F', alors CF' redeviendrait CC' ou l'entre-sommet ; et de même, si de C'F on enlevait CF, C' F reviendrait C'C. — Voilà deux propositions bien simples : répétons-les avec un léger changement fondé sur ceci que C'F' = CF (et disons dans la première CF au lieu de C'F', dans la deuxième C'F' au lieu de CF), nous aurons les deux propositions qui suivent :

$$CF' - CF = CC'$$
$$C'F - C'F' = C'C$$

Que l'on se mette bien ceci en tête, puis, qu'on aperçoive ce qui suit : 1° CF' est la distance de C au foyer lointain, et CF la distance de C au foyer prochain ; 2° C'F est la distance de C' au foyer lointain, et C'F' la distance de C' au foyer prochain. On comprendra très bien alors, ou plutôt on dira sans attendre que nous le disions :

« *Les points C et C', ou les sommets de l'hyperbole, sont placés de telle façon, que pour*

chacun d'eux, sa distance au foyer lointain excède la longueur de l'entre-sommet, mais que si de la distance au foyer lointain on retranche la distance au sommet prochain, le reste est juste l'entre-sommet CC'.» — « Ou plus brièvement, « *C et C' sont tels, que pour chacun la différence de leurs deux distances focales égale l'entre-sommet.* »

Or, ce que nous disons de C et de C' (qui sont deux points tout particuliers de l'hyperbole, puisqu'ils en sont les sommets) est vrai aussi de tous les points de cette courbe (c'est-à-dire, par exemple, que si du point p on mène pF' et pF, pF' sera plus grand que CF', mais aussi pF sera plus grand que CF, et qu'en retranchant ce pF de pF' on aura encore pour reste la longueur C'C; c'est-à-dire encore que quand du point p' on mène p'F' et p'F, si la première ligne est beaucoup plus grande que toutes celles que nous avons vues, la deuxième aussi l'emporte sur les secondes lignes vues précédemment CF, pF, etc., et que, le retranchement opéré, on retombe encore sur une longueur C'C; c'est-à-dire, en un mot, que tous les points de la courbe sont tels que deux lignes étant menées d'un point de cette courbe aux deux foyers, leur différence est égale à l'entre-sommet ou à la ligne C'C.

Donc la définition mathématique de l'hyperbole est : l'hyperbole est celle des courbes du second degré à deux foyers, dont chaque point a la différence de ses deux distances focales constante.

Ainsi dans l'hyperbole, à mesure qu'un point de la courbe est plus loin du sommet, ses deux dis-

tances focales augmentent, et augmentent de la même quantité ; à mesure qu'elle est plus voisine du sommet. elles diminuent, et diminuent également : 125—25, 140—40, 150—50, 156—56, 161—61, 164—64, peuvent donner une idée de ce que sont les distances focales de l'hyperbole en retranchant la petite de la grande.

Cet axe non-transverse que nous n'avons pas représenté sur la figure, mais qui s'élève perpendiculairement à l'axe transverse sur O a deux points remarquables, l'un en haut, l'autre en bas. Ce sont ceux où aboutirait une hypoténuse menée de C ou de C' : appelons B et B' ces deux points. Tirons à présent quatre lignes, savoir deux parallèles à l'axe transverse passant la première par B, la deuxième par B', et deux parallèles à l'axe non-transverse passant la première par C, la deuxième par C' : nous aurons un rectangle. A présent traçons dans le rectangle deux diagonales qu'on prolongera indéfiniment dans les deux sens ; ces deux diagonales AS, A' S', embrasseront dans deux angles qu'elles formeront (SOS', AOA') les deux portions de l'hyperbole. On les nomme asymptotes. Elles ont cette propriété remarquable que toute branche d'hyperbole, à mesure qu'elle s'allonge à partir du sommet (C ou C') approche de l'asymptote prolongée convenablement, mais que les prolongeât-on à des millions de kilomètres, jamais la branche courbe ne rencontrera l'asymptote. La démonstration (assez simple du reste) de cette propriété ne peut être donnée ici : il suffit de la bien comprendre, et d'en comprendre la possibilité (ce

que la série fractionnaire citée en exemple à la note de la page 30) peut faciliter. Nous ajouterons que par le centre O on peut faire passer une multitude de lignes droites : de ces lignes, toutes celles entre l'axe non-transverse et les asymptotes sont, comme l'asymptote, incapables de rencontrer l'hyperbole ; toutes celles, au contraire, qui courent entre l'asymptote et l'axe transverse, rencontreront la courbe : il en résulte qu'on peut définir les asymptotes hyperboliques *les lignes limites des droites qui rencontrent, et des droites qui ne peuvent rencontrer l'hyperbole.*

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Imprimerie de Guillois et Cᵉ, rue du Cadran, 9.

